

Jorge Sierra Barreras

# Implante de lentes tóricas en la cirugía de la catarata: Predictibilidad, fiabilidad y rotación. Estudio comparativo entre dos diseños de lente

Departamento  
Cirugía, Ginecología y Obstetricia

Director/es  
Cristóbal Bescós, José Angel

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



**Universidad**  
Zaragoza

Tesis Doctoral

**IMPLANTE DE LENTES TÓRICAS EN LA CIRUGÍA  
DE LA CATARATA: PREDICTIBILIDAD, FIABILIDAD  
Y ROTACIÓN. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE  
DOS DISEÑOS DE LENTE**

Autor

**Jorge Sierra Barreras**

Director/es

Cristóbal Bescós, José Angel

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

Cirugía, Ginecología y Obstetricia

**2012**





**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**Departamento de Cirugía, Ginecología y Obstetricia**



**IMPLANTE DE LENTES TÓRICAS EN LA CIRUGÍA DE LA  
CATARATA. PREDICTIBILIDAD, FIABILIDAD Y ROTACIÓN.  
ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DOS DISEÑOS DE LENTE.**

**JORGE SIERRA BARRERAS**

**ZARAGOZA, 2012**

D. José Ángel Cristóbal Bescós, Profesor Asociado del Departamento de Cirugía, Ginecología y Obstetricia de la Facultad de Medicina de Zaragoza, Jefe del Servicio de Oftalmología del Hospital Clínico Universitario “Lozano Blesa” de Zaragoza, en calidad de director de esta tesis,

HACE CONSTAR QUE:

La tesis doctoral titulada “Implante de lentes tóricas en la cirugía de la catarata. Predictibilidad, fiabilidad y rotación. Estudio comparativo entre dos diseños de lente”, ha sido realizada por D. Jorge Sierra Barreras, bajo mi dirección, y reúne las condiciones necesarias para su presentación y defensa, en su día, ante el tribunal correspondiente.

El cuál firma en Zaragoza, a 20 de Marzo de 2012.

José Ángel Cristóbal Bescós

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al Dr. D. José Ángel Cristóbal Bescós, Jefe de Servicio de Oftalmología del Hospital Clínico Universitario de Zaragoza, por haberme permitido participar en esta línea de investigación aceptando la dirección de este trabajo, y haberme brindado en todo momento su apoyo, experiencia, tiempo y amistad. Por despertar en mí la curiosidad por el astigmatismo, reflejo de su meticulosidad y excelencia.

Al Dr. D. Enrique Albalad Cebrián, mi actual Jefe de Servicio, por su inestimable estímulo para iniciar y finalizar esta tesis. Por confiarme los medios necesarios para ello, permitirme trabajar a su lado, y hacerme copartícipe de sus proyectos en el Servicio de Oftalmología del Hospital “Royo Villanova” de Zaragoza.

A todos los compañeros de los dos Servicios donde he desempeñado mi profesión como oftalmólogo, por sus enseñanzas, consejos y amistad. Agradecerles de igual modo, en nombre de los pacientes que hemos compartido, su saber hacer.

A mi esposa e hijos, con quienes tengo el inmenso placer de disfrutar el tiempo libre que la Oftalmología nos deja.

A mis padres, quiénes con su cariño y valores me han enseñado a esforzarme para buscar lo más importante en la vida, ser feliz.

A los representantes comerciales de Alcon, Rayner y Lepori en Zaragoza por su resolución, ayuda y disposición.

A todos los que de un modo directo o indirecto han contribuido a la realización de esta tesis doctoral.

---

**El autor manifiesta no tener ningún interés comercial ni vínculo económico con los medios técnicos empleados en su realización.**

---

Para mis mejores proyectos

Beatriz, Mario e Inés.

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**

Departamento de Cirugía, Ginecología y Obstetricia

**TESIS DOCTORAL**

**“IMPLANTE DE LENTES TÓRICAS EN LA CIRUGÍA DE LA  
CATARATA.**

**PREDICTIBILIDAD, FIABILIDAD Y ROTACIÓN.**

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DOS DISEÑOS DE  
LENTE”.**

Doctorando:

D. Jorge Sierra Barreras

Director de tesis:

D. José Ángel Cristóbal Bescós

Zaragoza, 2012



## **ÍNDICE**

# **ÍNDICE**

## **Estado de la cuestión**

<b>1.</b>	<b><u>JUSTIFICACIÓN DEL TEMA</u></b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>23</b>
2.1.	Embriología del segmento anterior	23
2.2.	Anatomía del segmento anterior	26
2.3.	Nociones elementales de óptica física	31
2.4.	Reflexión, refracción. Tipos de lentes	34
2.5.	Historia del Astigmatismo	37
2.6.	Concepto de Astigmatismo	40
■	Evolución del astigmatismo	42
■	Clasificación del astigmatismo	44
■	Métodos de medición del astigmatismo	53
2.7.	Corrección quirúrgica del astigmatismo	59
2.8.	Historia de la cirugía de catarata y de las lentes intraoculares	62

## Objetivos y metodología

<b>3. <u>CONTRASTE DE HIPÓTESIS</u></b>	<b>70</b>
▪ Hipótesis conceptual	71
▪ Hipótesis operativa	71
<b>4. <u>MATERIAL Y MÉTODOS</u></b>	<b>72</b>
4.1. Diseño	73
4.2. Sujetos	73
4.3. Población	73
▪ Población diana	73
▪ Población accesible	73
4.4. Criterios de selección de la muestra	74
▪ Criterios de inclusión	74
▪ Criterios de exclusión	74
4.5. Materiales	76
4.6. Método: Descripción del tratamiento y del estudio comparativo	88
4.7. Test estadísticos	92
4.8. Análisis vectorial	94
4.9. Tamaño muestral	97

<b>5. <u>RESULTADOS</u></b>	<b>99</b>
5.1.    Análisis descriptivo de las muestras	100
5.2.    Análisis vectorial cilindro en notación positiva	102
5.3.    Análisis vectorial cilindro en notación negativa	115
5.4.    Análisis de la Agudeza visual final	122
5.5.    Análisis de la rotación- mal alineamiento	123
<b>6. <u>DISCUSIÓN</u></b>	<b>126</b>
<b>7. <u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>145</b>
<b>8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>148</b>

## **SIGLAS-ACRÓNIMOS-Términos:**

**LIO:** Lente intraocular

**LASIK:** Laser-Assisted in Situ Keratomileusis

**LASEK:** Laser Assisted Subepithelial Keratomileusis

**IRL:** Incisión relajante limbar.

**PRK:** Keratectomía foto refractiva

**SN60Tx:** Lentes Acrysof SN 60 Toricas de las diferentes potencias de cilindro T3, T4...

**Alcon:** Alcon Laboratories, Inc., 6201 South Freeway, Fort Worth, Texas. USA

**Lente Rayner = T Flex = T-571 y T-671**

**Rayner:** Rayner Intraocular Lenses Limited, Sackville Road 1&2, Hove, East Sussex, BN3 7AN, United Kingdom.

**PMMA:** Polimetilmetacrilato

**Bioptics:** Técnica que combina el implante de una lente intraocular con técnicas refractivas asistidas por láser (LASIK, PRK...)

**ASCRS:** American Society of Cataract and Refractive Surgery

**FDA:** American Drug Foundation

**SIA:** Surgical Induced Astigmatism

**ACD:** Anterior Chamber Distance

**US:** Ultrasonidos

## **ESTADO DE LA CUESTIÓN**

### **1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

# **1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.**

Los avances en el conocimiento y los medios técnicos disponibles unidos a la autoexigencia del cirujano oftalmólogo, han transformado la cirugía de catarata desde una cirugía con fines rehabilitadores a una cirugía con un fin refractivo añadido<sup>1</sup>.

En nuestra práctica de esta amplia parcela de la Medicina como es la Oftalmología, la búsqueda de la emetropía tras la cirugía de catarata ha pasado de ser el ansiado resultado de nuestra técnica, a ser, con mayor o menor acierto, el estándar esperado por médico y paciente.

Las mejoradas fórmulas biométricas<sup>2,3,4,5,6,7</sup> y equipos de medición, las nuevas técnicas quirúrgicas y los nuevos implantes intraoculares nos han empujado a la realización de cirugías con una recuperación funcional muy rápida, escasas complicaciones y resultados refractivos próximos a la emetropía en la mayoría de nuestros pacientes<sup>8,9,10,11,12,13</sup>.

Nuestro nivel de exigencia también ha ido en progresión, si hasta hace muy pocos años, el objetivo era conseguir que el defecto esférico residual para visión lejana fuese el mínimo, en la actualidad, el objetivo es que los defectos refractivos esférico y cilíndrico sean reducidos al máximo<sup>14</sup>.

Los oftalmólogos han realizado técnicas para corregir el astigmatismo asociadas a la cirugía de catarata como un añadido a la pseudofaquia<sup>15,16,17,18,19</sup>: incisiones en el meridiano más curvo, incisiones pareadas opuestas en córnea clara, incisiones arcuatas<sup>20,21</sup> y relajantes



limbares (IRLs), bioptics... todas ellas conllevan modificaciones corneales y/o resultados inciertos o insuficientes.

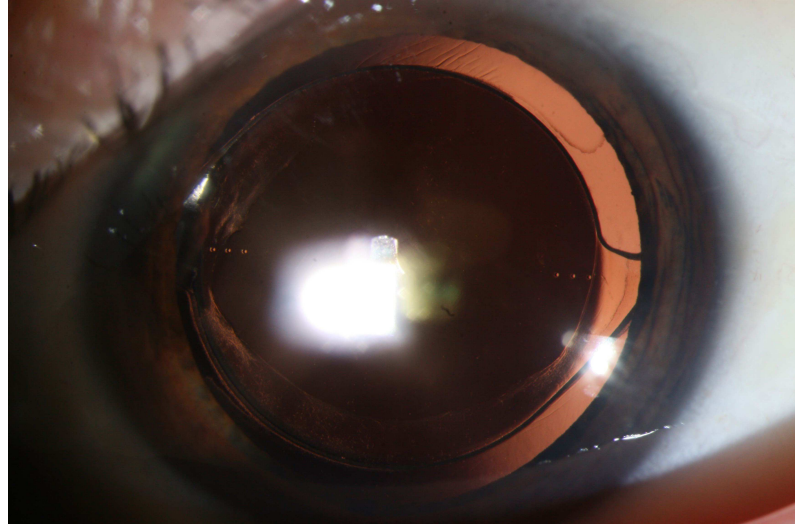
Las IRLs han sido una de las técnicas para reducir el astigmatismo postoperatorio moderado más extendidas, ya que aunque son menos potentes que las queratotomías arcuatas, más próximas al eje visual, aportan una serie de ventajas como menor riesgo de inducir astigmatismo irregular, un acoplamiento (*coupling ratio*) cercano a la proporción de 1:1, facilidad en su realización y menores complicaciones<sup>22,23,24</sup>.

En astigmatismos de escasa cuantía o en cirujanos no conocedores de la técnica y nomogramas de IRLs la aplicación de incisiones en el meridiano más curvo<sup>25</sup> y de incisiones enfrentadas han sido muy extendidas por su facilidad, complicaciones escasas y no requerir instrumentación añadida a la cirugía de facoemulsificación convencional<sup>26</sup>.

La corrección del astigmatismo a través del empleo de implantes intraoculares tóricos se ha mostrado más predecible<sup>27,28,29,30,31</sup> y menos traumática<sup>32,33</sup> para la estructura ocular que los anteriormente citados<sup>34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45</sup>.

Kohnen, Kamiya, Elés, Chang, Huang, Mertens... son algunos de los autores que han manifestado la utilidad de LIOS fáquicas tóricas<sup>46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57</sup>.

Tampoco dejaremos de comentar el uso de lentes tóricas de anclaje a iris (lentes Artisan), muy útiles en algunas indicaciones, aunque con mayor índice de complicaciones por la manipulación del tejido iridiano y su posicionado en cámara anterior con la consiguiente pérdida de células endoteliales<sup>58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75</sup>.



Lente tórica pseudofáquica SN60T5

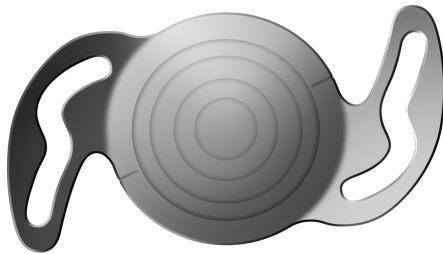
Los implantes tóricos se han mostrado muy útiles en indicaciones quirúrgicas particulares como astigmatismos elevados postqueratoplastia<sup>76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87</sup>, en pacientes con queratocono,<sup>88,89,90,91,92,93,94,95,96</sup> o degeneración marginal pelúcida<sup>97,98,99</sup>, para compensar aniseiconias<sup>100</sup>, descentramientos de la charnela de un LASIK<sup>101</sup>... también se han suturado LIOs tóricas a sulcus en casos de afaquia postqueratoplastia<sup>102</sup>.

Algunos cirujanos incluso las han empleado para corregir el defecto astigmático residual como un implante secundario (*piggyback*)<sup>103</sup> en sulcus o en saco<sup>104, 105</sup>.

La disponibilidad en el mercado de distintos modelos de lentes intraoculares tóricas pseudofáquicas, hace que nos cuestionemos cuál de ellas ofrece unos resultados más próximos a la emetropía en función de la elección de la potencia, posicionamiento y estabilidad de las mismas en el saco capsular.

En la actualidad en nuestro medio dos son las principales LIOs tóricas implantadas, las cuales serán motivo de nuestro estudio.

De acuerdo con la reducción lógica en el coste de estos implantes derivada de su empleo y su estandarización, el próximo horizonte en la cirugía de catarata es y será el empleo de lentes intraoculares tóricas multifocales<sup>106</sup> u otro tipo de implantes de tipo gel o polímeros capaces de proporcionar una correcta visión cercana y lejana, sin corrección óptica añadida, para todos nuestros pacientes pseudofacos<sup>107,108,109</sup>.



Lente Rayner Tórica multifocal



Lente Alcon Tórica multifocal

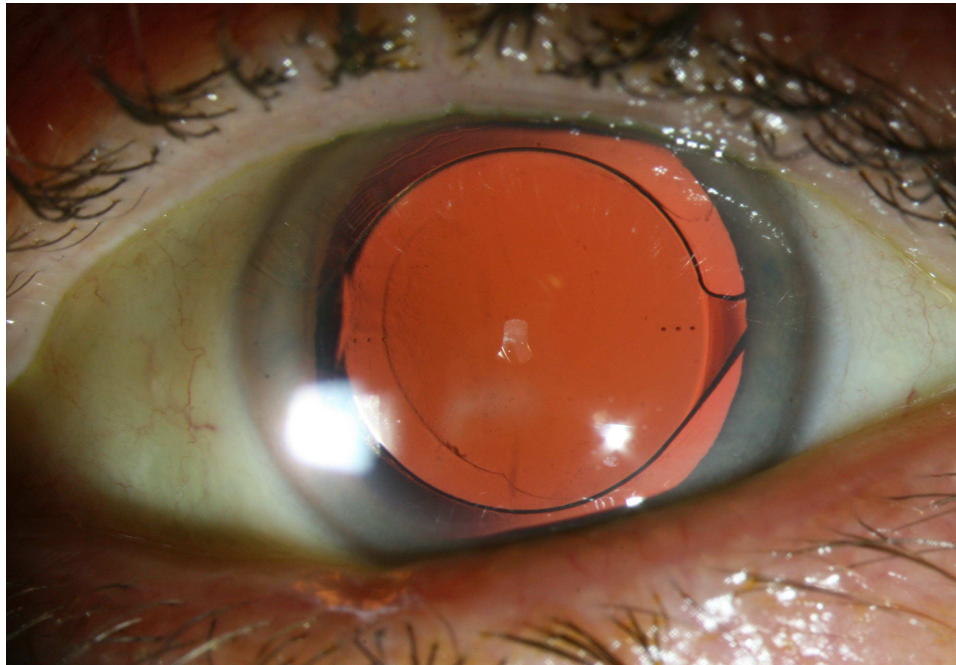
Un nuevo abordaje de la búsqueda de emetropía dentro de la implantología ocular refractiva son las lentes ajustables por la luz<sup>110</sup>. Estas lentes están compuestas por una silicona fotosensible que les permite cambiar la refracción postoperatoria empleando luz UV a 365 nm. Recientemente Chayet<sup>111</sup> expone cinco pacientes con astigmatismo corneal postoperatorio entre -1.75 y -1.25 D que se reducen tras el ajuste a un astigmatismo final de -0.5D.

En la mayoría de los estudios realizados acerca de lentes intraoculares tóricas se tiene en especial consideración la estabilidad rotacional de la lente, dado que un mal alineado con el eje en su

posicionado durante la cirugía o con posterioridad conllevará una pérdida en su efecto sobre el astigmatismo o incluso un aumento del previo.

<sup>112,113,114,115</sup>

En la actualidad disponemos de LIOs tóricas pseudofáquicas de diferentes casas comerciales con una muy buena aceptación por parte de los cirujanos que las han comenzado a implantar<sup>116,117,118,119,120,121</sup>; aunque por el número de referencias en publicaciones oftalmológicas las SN60Tx de Alcon son las más empleadas a nivel mundial<sup>122,123,124</sup>.



La inmensa mayoría de estos estudios no emplea grupo control o compara dos técnicas anastigmáticas diferentes (IRLs – tórica<sup>125,126</sup>, LASIK-tórica<sup>127,128</sup>, etc); nuestro estudio compara las diferentes variables para dos modelos diferentes. Además en una segunda línea de investigación las comparará con un grupo control de lente esférica con incisión principal posicionada en el meridiano más curvo<sup>129,130</sup>.

Por las particularidades que el astigmatismo presenta en cuanto a su cuantificación y notación han surgido, en los últimos años, diferentes

sistemas de medición y manejo basados en análisis vectoriales del astigmatismo<sup>131</sup>.

En los vectores el astigmatismo se define por su potencia (módulo) y eje (grados) cuando hablamos del astigmatismo refractivo, o bien en forma de diferencia queratométrica (módulo) y meridiano (grados), si se habla de astigmatismo corneal.

<b><i>Vector</i></b>	<b><i>Astigmatismo Refractivo</i></b>	<b><i>Astigmatismo Corneal</i></b>
Módulo	Potencia del Cilindro	Diferencia queratométrica
Dirección	Eje del Cilindro	Meridiano en grados

Equivalencia entre vector y astigmatismo.

No hay que olvidar que a pesar de que los vectores y el astigmatismo compartan las mismas unidades de medida (módulo y dirección), el astigmatismo es medible en una superficie tórica, mientras que los vectores se pueden calcular, pero no se pueden medir. Recordemos que las matemáticas son ciencias formales y su objeto de estudio son “ideas”, aunque empleemos la expresión vectorial del astigmatismo, la sustracción o adición aritmética entre astigmatismo y vectores no será válida (no se pueden mezclar).

Por lo que para la aplicación de los métodos vectoriales de análisis del cambio astigmático la estrategia a seguir será:

1. Medida del astigmatismo previo y postquirúrgico.
2. Transformación en su expresión vectorial.

3. Cálculos necesarios para el análisis del cambio astigmático.
4. Resultados del análisis astigmático.
5. “Traducción” en términos para la práctica clínica.

Así pues, la córnea humana, se podría definir como un sistema astigmático, determinado por la suma del conjunto de todas las fuerzas que ejerce cada una de las fibras de colágeno que la integran.

La expresión vectorial con su módulo y la dirección de cada una de las fuerzas pertenecientes a este sistema, nos posibilitan el análisis de cualquier cambio que experimente la córnea tras la aplicación de los diferentes tratamientos, así como el resultado final del mismo

El método de Alpíns<sup>132, 133</sup> ha sido nuestro referente en el análisis vectorial durante los últimos años.

Revisando la reciente literatura médica el método más extendido es el método del vector potencia (*power vector*) de Thibos y cols.<sup>134</sup>, es por ello el método analítico que hemos empleado en la realización de este trabajo.

Contrastando nuestros resultados preliminares empleando ambos métodos, observamos una coherencia muy alta.

Son pocos los estudios que han investigado cuál de los implantes tóricos es el que mejores cualidades posee.

Dentro de las cualidades de los dos modelos de lente a estudio, vamos a evaluar:

- su diseño, desde el punto de vista puramente refractivo y desde el punto de vista de su estabilidad para evitar la rotación dentro del saco capsular.
- la proximidad a la emetropía para la visión lejana que consiguen de acuerdo a las fórmulas empleadas, a las potencias de toro y elección del eje a implantar, mediante el método de análisis vectorial de Thibos.

Existen varios estudios comparando técnicas incisionales con el empleo de estas lentes<sup>135,136</sup>, pero ninguno comparando diferentes LIOs tóricas en sus resultados visuales.

Otras disciplinas como la Optometría también han dedicado publicaciones al estudio del empleo de lentes tóricas, así como a reseñar las posibles causas de su rotación y otras posibilidades de corrección del astigmatismo de forma conjunta a la cirugía de catarata. (Buckhurst y cols.)<sup>137</sup>

Pineda<sup>138</sup> y Laurendau<sup>139</sup> han realizado una evaluación económica del implante de lentes tóricas a corto y largo plazo, comparando el incremento de precio que supone emplear una de estas LIOs, con el manejo de incisiones relajantes limbares u otros métodos de corrección refractiva pre- o postquirúrgica; concluyendo que reduce los costes acumulados a lo largo de la vida por el empleo de lente de contacto o gafas o en caso de requerir una segunda cirugía refractiva (láser, queratoplastia conductiva o cirugía incisional).

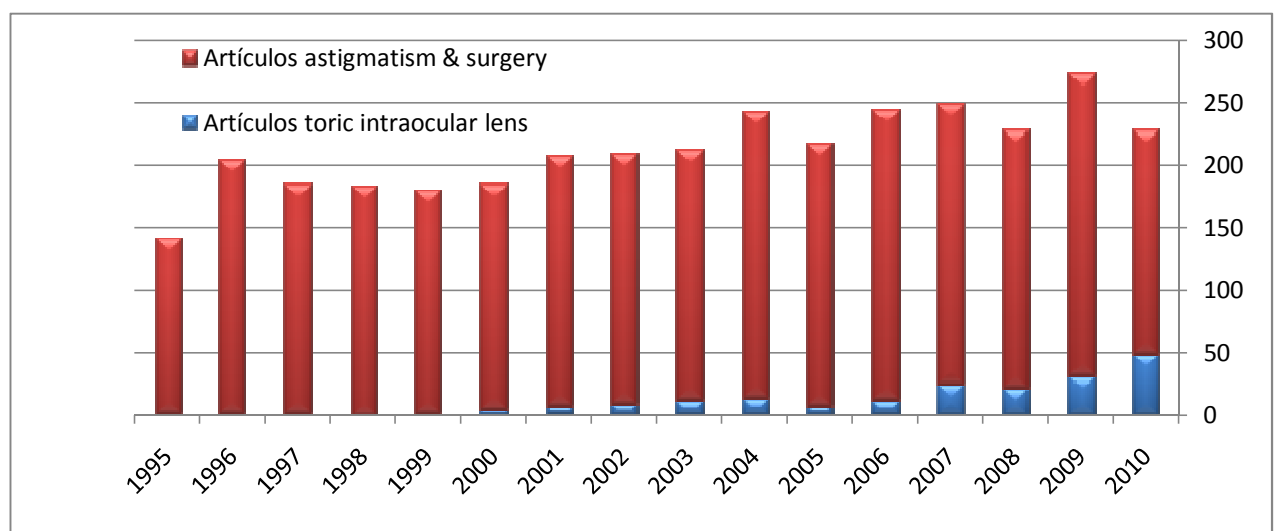
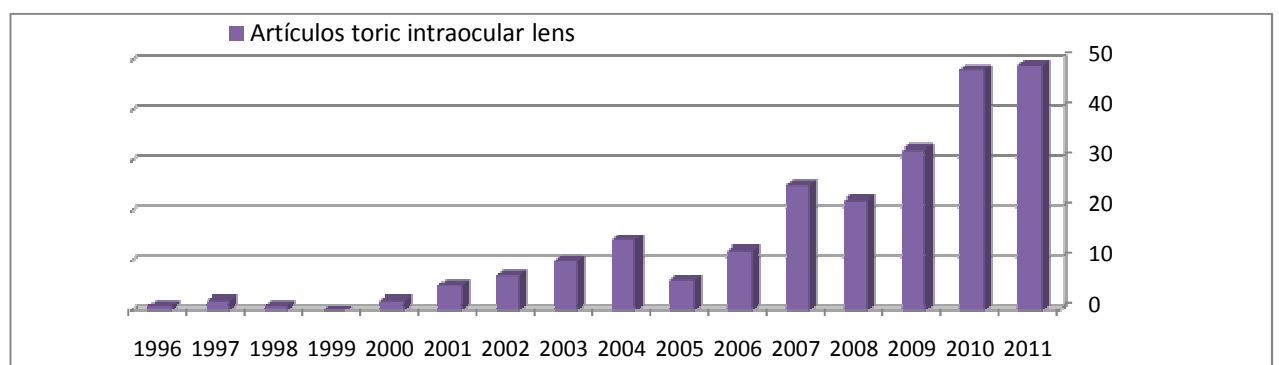
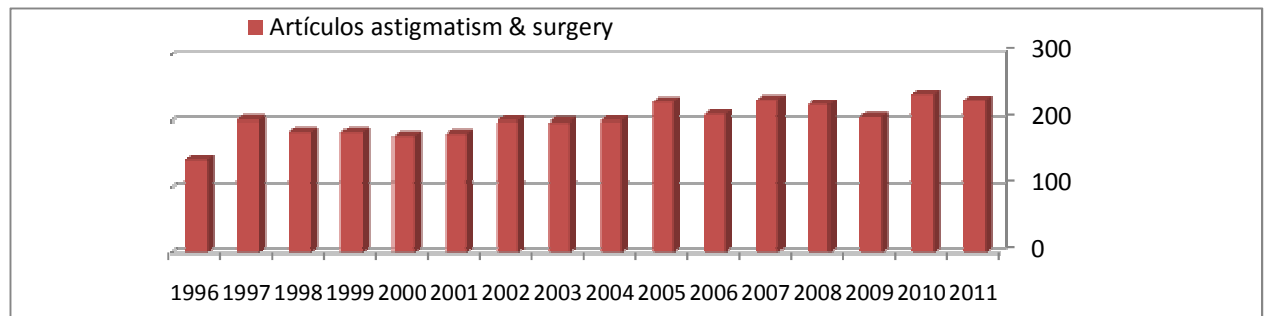


La actualidad de las cuestiones planteadas y la repercusión dentro de la literatura oftalmológica quedan representadas por las siguientes gráficos que exponen el número de publicaciones en PUBMED ante la búsqueda con las palabras clave: Astigmatism & Surgery y Toric Intraocular lens.

El manejo del astigmatismo postquirúrgico en la pseudofaquia dentro de los últimos quince años ha motivado aproximadamente unos 150-200 artículos por año.

El empleo de lentes tóricas ha ido en progresión, hasta los 50 artículos publicados al respecto en 2010 y 2011.

Puede observarse en el tercer gráfico como los artículos respecto a lentes tóricas suponen cada vez un mayor porcentaje del total de artículos sobre cirugía y astigmatismo.



## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1 Embriología del segmento anterior ocular**<sup>140</sup>

La primera manifestación del ojo en desarrollo aparece en el embrión de 22 días, como dos surcos poco profundos a los lados del prosencefalo en invaginación. Al cerrarse el tubo neural, estos surcos producen evaginaciones del prosencéfalo, las vesículas ópticas.

Más adelante, estas vesículas contactan con el ectodermo superficial induciendo en éste los cambios necesarios para la formación del cristalino. Poco después la vesícula óptica se invagina dando lugar a la cúpula óptica de pared doble, separadas ambas capas por el espacio intrarretiniano que desaparecerá, uniéndose ambas capas. La invaginación en la cara inferior forma la fisura coroidea, por donde llega la arteria hialoidea a la cámara interna del ojo.

En la séptima semana los labios de la fisura coroidea se fusionan y la boca de la cúpula óptica forma un orificio redondo, la futura pupila.

La arteria hialoidea se ramifica dando una red de capilares que forman la túnica vascular del cristalino, en la cara posterior de la cápsula, estos capilares crecen hacia el ecuador anastomosándose con la membrana pupilar anterior derivada de las venas ciliares que cubre la cara anterior. Hacia la 9ª semana está completamente formada la red capilar

que envuelve al cristalino. Esta red desaparecerá poco antes del nacimiento por un proceso ordenado de muerte celular programada.

A la par que suceden estos procesos, las células del ectodermo superficial que estaba en contacto con la vesícula óptica comienzan a elongarse y forman la placoda cristaliniana, que se invagina para convertirse en la vesícula del cristalino. En la 5ª semana la vesícula está en la boca de la cúpula óptica, separada del ectodermo superficial.

Hacia el final de la quinta semana el primordio ocular está formado por tejido mesenquimal laxo, éste se diferencia hacia una capa interna que dará lugar a un tejido vascular pigmentado que será la coroides, y una capa externa, la esclerótica, que se continúa con la duramadre cerebral.

La diferenciación de las capas mesenquimáticas suprayacentes a la cara anterior del ojo es diferente. Por vacuolización se forma la cámara anterior del ojo, dividiendo al mesénquima en una capa interna por delante del cristalino y el iris: la membrana iridopupilar y una capa externa continua con la esclerótica, la sustancia propia corneal. La cámara anterior está tapizada por células mesenquimáticas aplanadas.

De afuera adentro, la córnea está formada por una capa epitelial derivada del ectodermo superficial, la sustancia propia o estroma que se continúa con la esclera, y una monocapa epitelial rodeando la cámara anterior del ojo, el endotelio.

La membrana iridopupilar desaparece por completo creándose una comunicación entre la cámara anterior y posterior del ojo.

A los dos meses de gestación los párpados se fusionan y la conjuntiva comienza a desarrollarse en el interior de los pliegues del párpado. El epitelio de la superficie ocular se diferencia poco después.

A los tres meses ya están presentes todos los componentes de la córnea, excepto la capa de Bowman que aparece en el 4º mes junto al espón escleral en formación.

Los párpados comienzan a abrirse al 6º mes de vida intratuterina.

El globo ocular al nacimiento mide aproximadamente el 80% que el del adulto.

## **2.2 Anatomía del Segmento Anterior ocular**

El segmento anterior del globo ocular se halla constituido por:

La córnea

El limbo esclerocorneal

El ángulo iridocorneal

El iris

El humor acuoso

El cristalino

Nos detendremos en algunas características de las dos estructuras más relevantes para nuestro estudio como son la córnea y el cristalino; ya que ambos son los principales determinantes de la refracción ocular junto a la longitud axial.

### ▪ **La córnea**

Situada por delante de la esclerótica. Ambas en su conjunto forman la túnica fibrosa del ojo.

La córnea es redondeada, transparente y avascular.

Presenta un segmento de radio menor que el de la esclera, consecuencia de esto es que protuye en la parte anterior del ojo.

Mide 11-12mm en sentido horizontal, por 10-11 mm en vertical.

Sus caras anterior y posterior son lisas y brillantes.

Su índice de refracción es 1,376 (aunque para calibrar el queratómetro y explicar la potencia combinada de las caras anterior y posterior corneales se emplea 1,3375).

La córnea es esférica. La media del radio de curvatura de la zona central de la córnea es 7,8 mm (6,7-9,4mm). Contribuye al 74% (43,25D) de la potencia dióptrica normal del ojo humano normal (58,6 D)

### ▪ **El cristalino:**

El cristalino en situación normal es una estructura biconvexa transparente con las funciones de proporcionar acomodación y refractar la luz.

No dispone de irrigación sanguínea ni de inervación tras el desarrollo fetal. El humor acuoso es el encargado de su nutrición y de la eliminación de sus desechos metabólicos.

Localizado en situación retroiridiana, por delante del cuerpo vítreo, se halla suspendido por la zónula de Zinn en sus 360º ecuatoriales anclándolo al cuerpo ciliar.

Compuesto anatómicamente por la cápsula, el epitelio, el cortex y el núcleo.

Los polos anterior y posterior se hallan unidos por el eje óptico (línea imaginaria). El ecuador del cristalino es su circunferencia máxima.



Su índice de refracción normal es 1,4 en el centro y 1,36 en periferia.

Aporta entre 15 y 20 D convergentes al poder dióptrico ocular del ojo humano normal (este poder dióptrico ocular normal son aproximadamente 60 D, las 40 D restantes son aportadas principalmente por la interfase aire-película lagrimal-córnea)

Posee un crecimiento continuado a lo largo de la vida; al nacimiento, presenta unas medidas de 6,4 mm a nivel ecuatorial y 3,4 mm anteroposterior, con un peso de 90 mg; en el adulto el ecuador llega a 9 mm y la distancia anteroposterior es de 5 mm, con un peso de unos 250mg.

El espesor de la corteza aumenta con la edad, haciéndose más convexo, aportando mayor poder convergente; sin embargo, es frecuente que el cristalino pierda poder refractivo con la edad por la disminución de su índice de refracción por el aumento de partículas proteínicas hidrosolubles.

- **Cápsula del cristalino:**

Es una membrana basal elástica y transparente, formada por colágeno tipo IV que producen las células epiteliales. Posee el poder de moldearse en función de los procesos acomodativos.

Presenta mayor grosor en las zonas preecuatorial anterior y posterior, y en el polo posterior presenta su mínimo grosor donde puede tener un espesor de 2 a 4 micras.

- **Fibras zonulares:**

Sistema de sujeción y anclaje del cristalino.

Estas fibras parten de la lámina basal del epitelio no pigmentado de la pars plana y la pars plicata del cuerpo ciliar y se insertan en la cápsula en sus 360º 1,5 mm sobre la cara anterior hasta 1,25 mm sobre la cara posterior. Poseen un diámetro de 5 a 30 micras.

Debido al envejecimiento las fibras ecuatoriales sufren un proceso involutivo adoptando una morfología triangular en un corte transversal del anillo zonular.

- **Epitelio del cristalino:**

Monocapa de células epiteliales adyacentes por dentro a la cápsula anterior. Estas células son las encargadas de producir la síntesis de ATP (adenosin trifosfato) para la demanda energética del cristalino.

Estas células con capacidad mitótica muestran su mayor actividad de multiplicación a nivel de la zona germinativa (anillo alrededor de la parte anterior del cristalino). Las células recién formadas migran hacia el ecuador donde se diferencian hacia fibras, llegando hacia la región arqueada del cristalino como fibras lenticulares.

Existe un cambio de estado-morfología en la célula epitelial que le lleva a su morfología madura de fibra lenticular, conlleva un aumento muy grande de la concentración de proteínas dentro de su membrana, con una pérdida de organelas citoplasmáticas. La pérdida de organelas tiene una consecuencia óptica aumentando su transparencia y una consecuencia

sobre su metabolismo que depende desde ese momento por completo de la glucólisis.

- **Núcleo y corteza del cristalino:**

Dentro del cristalino no hay desaparición celular, así como se van depositando nuevas fibras, se van aglomerando y compactando las ya formadas (las capas más antiguas ocuparán la zona más central). Las células más viejas como son el núcleo embrionario y fetal del cristalino de origen en vida embrionaria persisten en el centro del cristalino. Las fibras más externas serán las más recientes y componen la corteza del cristalino.

Las suturas del cristalino están formadas por interdigitaciones de las prolongaciones apicales (suturas anteriores) y basales celulares (suturas posteriores).

Con lámpara de hendidura, podemos definir distintas zonas de demarcación. No hay distinción morfológica entre corteza y núcleo, solo una transición gradual entre ambos. La diferenciación núcleo, epinúcleo y corteza se refieren a diferencias en el comportamiento y aspecto del material cristalino durante la cirugía.

## **2.3 Nociones elementales de óptica física**

- **Luz:** Porción visible del espectro de las radiaciones electromagnéticas, comprendidas entre 380 nm de la luz ultravioleta y los 760 nm del infrarrojo.
  
- **Frecuencia  $\nu$  :** Número de veces en que la onda de luz pasa por el mismo punto en un intervalo de tiempo  
Frecuencia (Hz) = velocidad / longitud de onda.

- **Longitud de onda  $\lambda$ :** Distancia entre dos puntos idénticos de ondas contiguas. Longitud de un ciclo.

- **Radiación electromagnética**

La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío.

El estudio teórico de la radiación electromagnética se denomina **electrodinámica** y es un subcampo del electromagnetismo. Maxwell asoció varias ecuaciones, actualmente denominadas ***Ecuaciones de Maxwell***, de las que se desprende que un campo eléctrico variable en

el tiempo genera un campo magnético y, recíprocamente, la variación temporal del campo magnético genera un campo eléctrico.

Se puede visualizar la radiación electromagnética como dos campos que se generan mutuamente, por lo que no necesitan de ningún medio material para propagarse.

Las ecuaciones de Maxwell también predicen la velocidad de propagación en el vacío (que se representa  $c$ , por la velocidad de la luz, con un valor de 299.792.458 m/s), y su dirección de propagación (perpendicular a las oscilaciones del campo eléctrico y magnético que, a su vez, son perpendiculares entre sí).

#### ▪ **Dualidad onda-corpúsculo:**

Dependiendo del fenómeno estudiado, la radiación electromagnética se puede considerar no como una serie de ondas sino como un chorro o flujo de partículas, llamadas fotones. Esta dualidad onda-corpúsculo hace que cada fotón tenga una energía directamente proporcional a la frecuencia de la onda asociada, dada por la relación de Planck:

$$E = h \cdot \nu$$

Donde  $E$  es la energía del fotón,  $h$  es la constante de Planck y  $\nu$  es la frecuencia de la onda.

*Valor de la constante de Planck*

$$h = 6.626\,0693(11) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.135\,667\,43(35) \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$

Así mismo, considerando la radiación electromagnética como onda, la longitud de onda  $\lambda$  y la frecuencia de oscilación  $\nu$  están relacionadas por una constante, la velocidad de la luz en el medio ( $c$  en el vacío):

$$c = \lambda \cdot \nu$$

A mayor longitud de onda, menor frecuencia (y menor energía según la relación de Plank).

Atendiendo a su longitud de onda, la radiación electromagnética recibe diferentes nombres, y varía desde los energéticos rayos gamma (con una longitud de onda del orden de picómetros) hasta las ondas de radio (longitudes de onda del orden de kilómetros), pasando por el espectro visible (cuya longitud de onda está en el rango de las décimas de micrómetro). El rango completo de longitudes de onda es lo que se denomina el espectro electromagnético.

#### ▪ **Espectro visible**

El espectro visible es un minúsculo intervalo que va desde la longitud de onda correspondiente al color violeta (aproximadamente 400 nanómetros) hasta la longitud de onda correspondiente al color rojo (aproximadamente 700 nm).

## **2.4 Reflexión, refracción. Tipos de lentes**

### ▪ **Reflexión**

Las ondas luminosas al chocar con una superficie lisa pulimentada, pueden rebotar en ella. Lo hacen cumpliendo las Leyes de Newton.

- El ángulo incidente es igual al ángulo reflejado
- Los rayos incidente y reflejado, se encuentran en el mismo plano perpendicular a la superficie reflectante.

### ▪ **Refracción**

La velocidad de propagación de la radiación electromagnética en el

vacío es  $c$ . La teoría electromagnética establece que: 
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Siendo  $\epsilon_0$  y  $\mu_0$  la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética del vacío respectivamente.

En un medio material la permitividad eléctrica  $\epsilon$  tiene un valor diferente a  $\epsilon_0$ . Lo mismo ocurre con la permeabilidad magnética  $\mu$  y, por tanto, la velocidad de la luz en ese medio  $v$  será diferente a  $c$ . La velocidad de propagación de la luz en medios diferentes al vacío es siempre inferior a  $c$ .

Cuando la luz cambia de medio experimenta una desviación que depende del ángulo con que incide en la superficie que separa ambos medios. Se habla, entonces, de ángulo incidente y ángulo de transmisión. Este fenómeno, denominado refracción, es claramente apreciable en la

desviación de los haces de luz que inciden en el agua. La velocidad de la luz en un medio se puede calcular a partir de su permitividad eléctrica y de

su permeabilidad magnética de la siguiente manera:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

El índice de refracción de un medio se obtiene por la Ley de Snell:

Índice de refracción= seno ángulo incidente / seno del ángulo refractado

## ▪ **Tipos de lentes**

### ▪ **Lentes Esféricas:**

Su curvatura es igual en todos sus meridianos

Las lentes esféricas cumplen las siguientes leyes:

Todo rayo de luz paralelo al eje principal, es refractado por el foco.

Todo rayo de luz que pasa por el centro óptico de la lente lo hace sin desviarse.

Todo rayo de luz que pasa por el foco es refractado paralelo al eje principal.

**Lentes Esféricas Convergentes:** Biconvexas, plano-convexas y convexo- cóncavas o meniscadas (con curvatura en la cara convexa mayor que la cóncava).



**Lentes Esféricas Divergentes:** Bicóncavas, plano-cóncavas y convexo-cóncavas (con curvatura en la cara convexa menor que la cóncava)

- **Lentes Tóricas:**

Son lentes en las que todos los meridianos poseen distinto radio de curvatura, siendo los meridianos de mayor y menor poder refractivo perpendiculares. (Éstos meridianos reciben el nombre de meridianos principales.)

Los meridianos intermedios aumentan o disminuyen su curvatura progresiva y regularmente. Por ello, la imagen de un punto en cada meridiano es otro punto, pero regularmente más lejano o próximo con respecto al anterior; unidos estos puntos obtenemos una recta.

- **Lentes prismáticas o Prismas:**

Son lentes que presentan dos superficies planas refractantes no paralelas que se unen en una línea denominada vértice. Al ser planas las superficies, no se modifica el tamaño de las imágenes. A mayor ángulo entre las caras, mayor poder refractivo del prisma.

Al ser atravesado un prisma de vidrio por un haz luminoso ocurren dos fases: 1º al pasar de un medio con menor índice de refracción a otro con mayor índice, el rayo refractado se acerca a la normal (se desvía hacia la base del prisma); 2º el rayo refractado al salir por la segunda cara del prisma y pasar de un medio con mayor índice de refracción a otro de menor, vuelve a desviarse hacia la base del prisma.

## **2.5 Historia del Astigmatismo**<sup>141</sup>

La primera descripción del astigmatismo se atribuye a **Thomas Young** en su trabajo *On the Mechanism of the Eye* en 1801, aunque de forma errónea lo atribuía sólo al cristalino.

**Gerson (1788 - 1843)** fue autor del primer estudio fisiológico detallado sobre la anomalía.

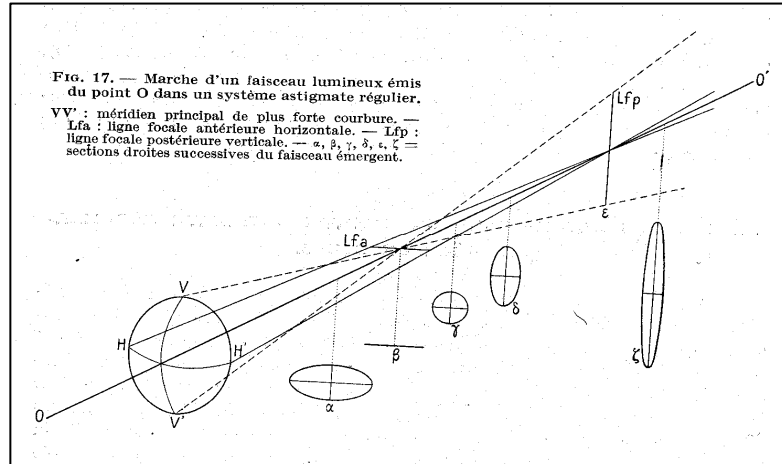
**Purkinje (1787- 1869)**, profesor de fisiología de la Universidad de Breslau, en 1819 introduce las dos figuras que se emplean todavía para la determinación subjetiva del astigmatismo: los círculos concéntricos y la estrella.

**George Biddle Airy** en 1825 es el primero en corregir este defecto empleando lentes cilíndricas.

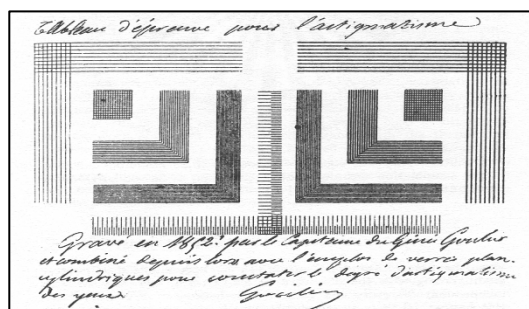
Para designar la anomalía, **William Whewell (1794-1866)**, ilustre profesor de matemáticas y filosofía, Master del Trinity College de Cambridge, sugirió a **Airy** en 1849, el término “**astigmatismo**” (del griego *a* = sin y *stigma* = punto ).

La resolución del problema matemático del astigmatismo corresponde al suizo **Jaques Charles Francois Sturm (1803-1855)**, profesor de matemáticas en Paris que, en 1845, presenta su monografía sobre la teoría de la visión, en la que plantea una peculiar hipótesis con la que pretende demostrar la posibilidad de ver a diferentes distancias sin acomodación.

Describe una figura geométrica, el **conoide**, que lleva su nombre, y que representa el particular trayecto de los rayos refractados a través de una lente tórica.

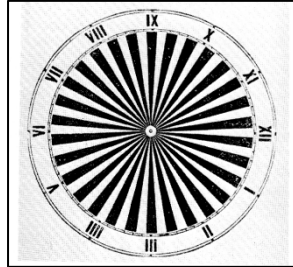


La importancia y prevalencia del astigmatismo es destacada, por el Coronel de Ingenieros **Goulier ( 1818-1891 )**, Profesor de Topografía de la Escuela Militar de Metz que, en 1852, presenta sus observaciones sobre el astigmatismo. Incluía en su informe una ilustración consistente en una serie de líneas horizontales y verticales, rejillas etc., que empleaba con éxito en la detección del astigmatismo, permitiéndole establecer la gran frecuencia del defecto y que constituye uno de los primeros test conocidos.



En 1867, **John Green (1835-1913)**, publica un trabajo sobre detección y medida del astigmatismo, en el que incluye tres ilustraciones de sus personales discos astigmáticos, uno de los cuales está formado por

un punto central y 60 líneas radiales. Los test de Green constituyen el modelo en el que se basan los modernos discos astigmáticos, todavía empleados en el presente.



**H. Knapp** en 1866 desarrolló la notación que actualmente empleamos para describir el astigmatismo.

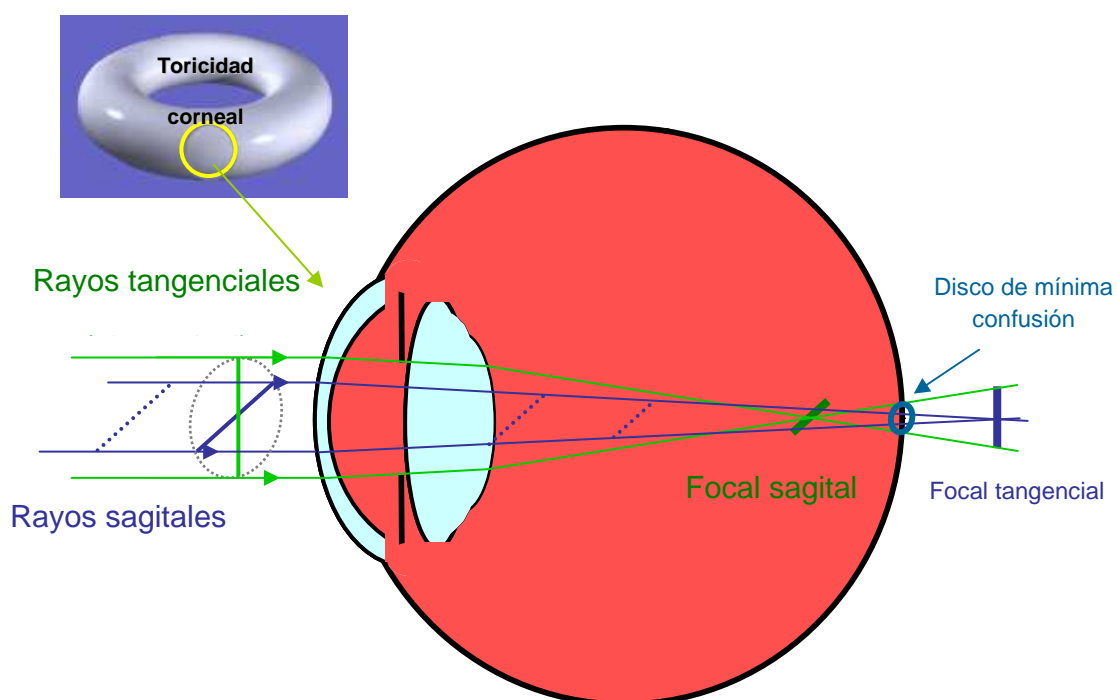
En 1890, **Allvar Gullstrand (1862–1930)**, oftalmólogo sueco, profesor en la universidad de Upsala, aplicando métodos matemáticos para el estudio de las imágenes ópticas y la refracción ocular, establece en su tesis (*Contribución a la teoría del astigmatismo*) sus principios básicos, que ratifica en sus siguientes trabajos entre 1900 y 1911, recibiendo por ello ese año el Premio Nóbel de Medicina.

## **2.6 Concepto de Astigmatismo**<sup>142</sup>

El astigmatismo es una ametropía por la cual el sistema óptico de un ojo es incapaz de formar imágenes puntuales de un punto objeto.

En un ojo astigmata regular, el dioptrio ocular en lugar de ser esférico es un sistema astigmático, en el que la luz no se refracta por igual en todos los meridianos. En él, hay siempre dos líneas focales: la primera, la más próxima al sistema que es la de máxima refracción, y la más alejada o de mínima refracción.

Una superficie tórica presenta dos meridianos de máxima y mínima curvatura perpendiculares entre sí. Un toro se obtiene de la revolución de un círculo sobre un eje que no es su diámetro. En un sistema astigmático, la potencia es diferente según el meridiano que se considere. Como meridianos principales, se conoce a los meridianos de máxima y mínima potencia refractiva (meridianos de mayor y menor curvatura).



La luz dentro de un dioptrio astigmático regular se distribuye formando la figura del conoide de Sturm.

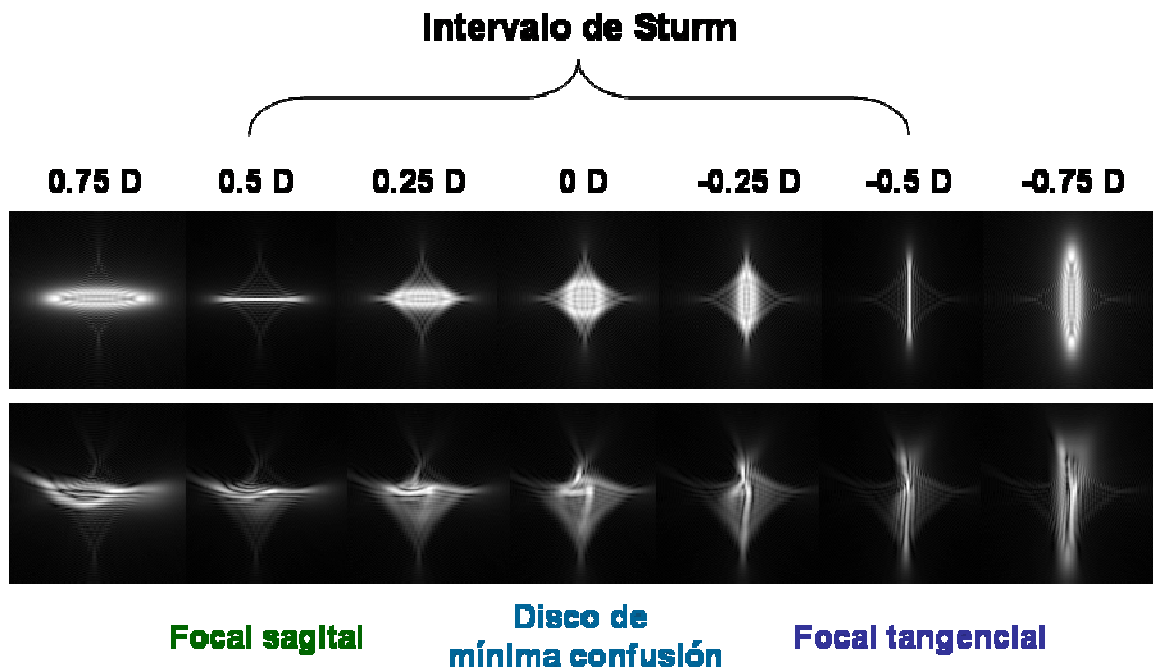
Esta figura distribuye la luz haciéndola coincidir en dos líneas focales perpendiculares entre sí y distanciadas una medida determinada. La primera línea focal es la que se origina por la refracción de la luz a través del eje de máxima potencia y la más alejada la formada por el eje de menor potencia dióptrica.

La distancia entre ambas líneas focales, llamada **intervalo focal de Sturm**, es la magnitud dióptrica del astigmatismo. Entre ambas líneas existe un punto donde la luz produce el menor círculo de difusión, el mismo se corresponde con las dioptrías del equivalente esférico astigmático. (La inversa de la distancia focal para ese punto expresado en metros serán las dioptrías esféricas para las cuales la imagen será más nítida corrigiendo la visión sólo con lentes esféricos)

La representación de las figuras del conoide de Sturm que obtenemos al proyectar la luz a distintas distancias focales sobre una superficie perpendicular al foco inicial son:

- Desde el dioptrio hasta la primera línea focal obtenemos una elipse de eje mayor perpendicular al eje de máxima potencia, conforme nos acercamos a la primera línea focal el eje menor de la elipse disminuye hasta formar una línea recta (línea focal vertical).
- A partir de este punto obtenemos otra difusión de la luz formando una elipse con un eje mayor paralelo a la primera línea focal que va disminuyendo y un eje perpendicular en aumento hasta formarse un círculo (círculo de mínima difusión).

- Desde entonces obtenemos una elipse con eje mayor perpendicular al meridiano de mínima potencia y de eje menor en disminución hasta formar una segunda recta (línea focal horizontal).
- Desde la segunda línea focal la elipse tendrá un aumento de ambos ejes siendo el mayor paralelo al meridiano de mayor potencia del sistema astigmático.



Aberración que sufre la luz al pasar por un sistema astigmático regular y uno irregular.

### ▪ Evolución del astigmatismo

El astigmatismo es principalmente congénito, y se modifica poco durante la vida, aunque existen variaciones individuales.

En el neonato, la córnea es prácticamente esférica. De existir astigmatismo, el crecimiento ocular tiende a disminuirlo durante los dos primeros años.

Sin embargo, a partir de los cinco años, vuelve a aumentar la frecuencia del astigmatismo, generalmente a favor de la regla y que se mantiene más o menos estable hasta la edad adulta.

Así como el astigmatismo en contra de la regla del recién nacido disminuye en los primeros años, el astigmatismo a favor de la regla, generalmente, no suele modificarse mucho durante la vida.

En nuestro medio, a los dos años de vida, cuando hay astigmatismo, el más frecuente es en contra de la regla (61,5%), mientras que a favor de la regla es aproximadamente un 23,1%. A los 12 años este porcentaje se invierte, siendo de un 66,6% a favor de la regla, y un 33,4% en contra de la regla. Por otro lado, resulta curioso que el astigmatismo producido por la córnea a los 6-7 años, suele ser directo (75%), mientras que un 76% del residual o interno es inverso.

No obstante, existe una clara tendencia del astigmatismo a transformarse en contra de la regla de cara a la vejez. Entre otros factores, este cambio está ocasionado por la menor consistencia de los tejidos, tanto corneales como palpebrales.

Se ha confirmado que la herencia juega un papel importante en su desarrollo. El patrón de transmisión más frecuente es el autosómico dominante. Se han descrito asociaciones con algunas alteraciones oftálmicas de aparición esporádica, como son la hipoplasia del nervio óptico y el albinismo.



## ■ CLASIFICACIONES DE ASTIGMATISMO

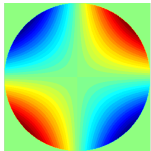
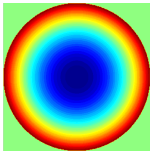
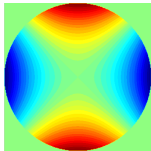
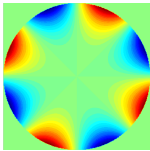
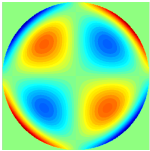
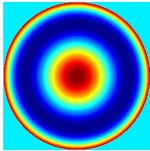
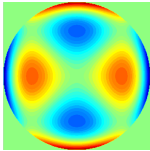
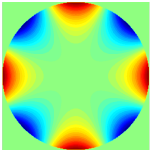
El astigmatismo puede clasificarse atendiendo a distintos puntos de vista: regularidad, situación de las líneas focales, eje principal, relación del eje con el otro ojo...

### ■ Astigmatismo regular e irregular

Un **astigmatismo regular** es aquel donde los distintos puntos de un mismo meridiano del sistema astigmático tienen el mismo poder refractivo. En el irregular los distintos puntos de un meridiano tienen diferente poder refractivo y los rayos refractados no presentan planos de simetría. La mayor parte de la población presenta astigmatismos regulares.

Son **astigmatismos irregulares** los que se producen por cicatrices corneales, en el queratocono, degeneración marginal pelúcida...

### Simetrías

Diagonal		Revolución	Horizontal-vertical		
<i>Astigmatismo</i>  $Z_2^{-2}$		<i>Desenfoque</i>  $Z_2^0$	<i>Astigmatismo</i>  $Z_2^2$		2º orden
<i>Trébol</i>  $Z_4^{-4}$	<i>Astigmatismo</i>  $Z_4^{-2}$	<i>Aberración</i>  $Z_4^0$	<i>Astigmatismo</i>  $Z_4^2$	<i>Trébol</i>  $Z_4^4$	4º orden

Patrones Topográficos de Astigmatismo			
Oval	Regular Simétrico	Regular Asimétrico	Irregular
Curvo/Plano	Curvatura Localizada	Triple	Inclasificable

- **En función de la posición de las líneas focales**
  - **Miópico simple:** una línea focal se encuentra en la retina (un meridiano principal es emétrope) y la otra por delante de ella (meridiano miope). Se corrige con una lente cilíndrica negativa. (Ej:  $-1 \times 90^\circ$ )
  - **Miópico compuesto:** las dos líneas focales se encuentran por delante de la retina (los dos meridianos principales son miopes). Se corrige con una lente esférica negativa y otra cilíndrica negativa. (Ej:  $-1-2 \times 180^\circ$ )
  - **Hipermetrópico simple:** una línea focal se encuentra en la retina (un meridiano principal es emétrope) y la otra por detrás de ella (meridiano hipermetrópe). Se corrige con una lente cilíndrica positiva. (Ej:  $+0,50 \times 10^\circ$ )

- **Hipermetrópico compuesto:** las dos líneas focales se encuentran por detrás de la retina (los dos meridianos principales son hipermétropes). Se corrige con una lente esférica positiva y otra cilíndrica positiva. (Ej: +3+1,75x20º)
- **Mixto:** una línea focal se encuentra por delante de la retina (meridiano miope) y la otra por detrás de ella (meridiano hipermetrope). Se corrige con una lente esférica de un signo, combinada con otra cilíndrica de signo contrario más potente que la esfera. (Ej: +1-3x5º)
- **En relación con el meridiano de mínima refracción:**

- **A favor de la regla o directo:**

El meridiano de mínima refracción está más próximo a la horizontal (el más frecuente). Fisiológicamente, por ser más habitual encontrar mayor poder refractivo en el meridiano vertical (más curvo), se denominó a este tipo de astigmatismo como a favor de la regla (92% en los jóvenes). Esta frecuencia va disminuyendo con la edad, (66% de la población adulta), por la tendencia a transformarse en contra de la regla).

Se incluyen aquéllos cuyo eje está comprendido entre 0º y 30º, así como entre 150º y 180º, cuando se corrige con un cilindro negativo.

(Ej: -1.75 x 20º)

- **En contra de la regla o inverso:**

El meridiano de mínima refracción está próximo a la vertical (aumenta su frecuencia con la edad). El eje más curvo o más refringente es el horizontal. Su eje está entre 60º y 120º, cuando se corrige con un cilindro negativo. (Ej: -1 x 85º)

- **Oblicuo:**

En él, los meridianos principales están a más de 30º de los meridianos horizontal o vertical. Tienen su eje comprendido entre 30º y 60º, y entre 120º y 150º, cuando se corrige con un cilindro negativo. (Ej: -1,25x55º)

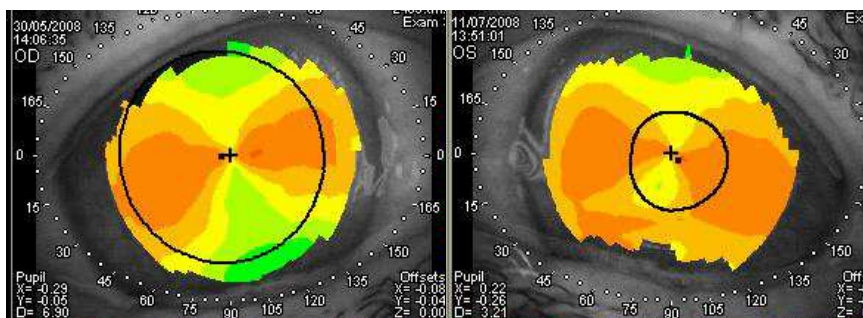
- **En relación con el otro ojo:**

- **Simétrico:**

Los meridianos principales de cada ojo están inclinados en una posición simétrica de desviación de la línea media. Los grados de los ejes más potentes o débiles de ambos ojos suman 180º.

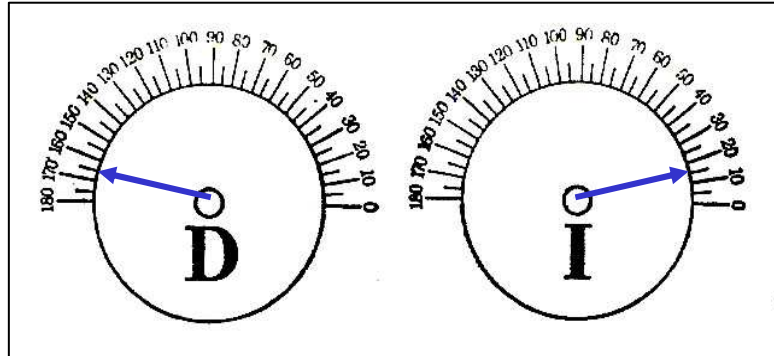
(Ej: OD: -3.25x15 y OI: -3.50x165º)

Topografías de astigmatismo simétrico (OD y OI)



- **Simétrico Homólogo:** Simétrico a favor de la regla.

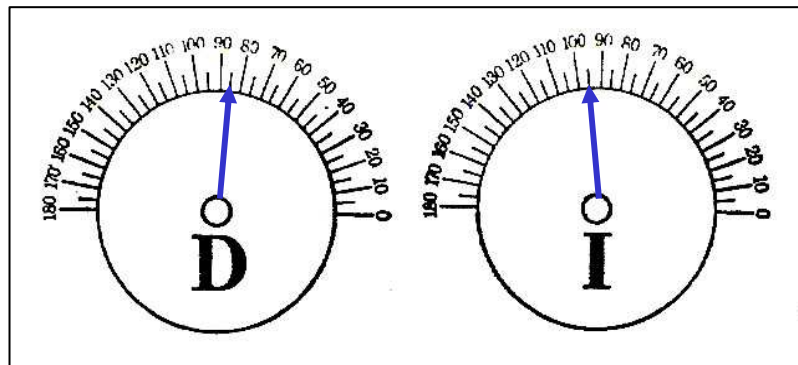
(Ej: OD: -2x165° y OI: -1x15°)



Astigmatismo simétrico homólogo.

- **Simétrico Heterólogo:** simétrico contra la regla.

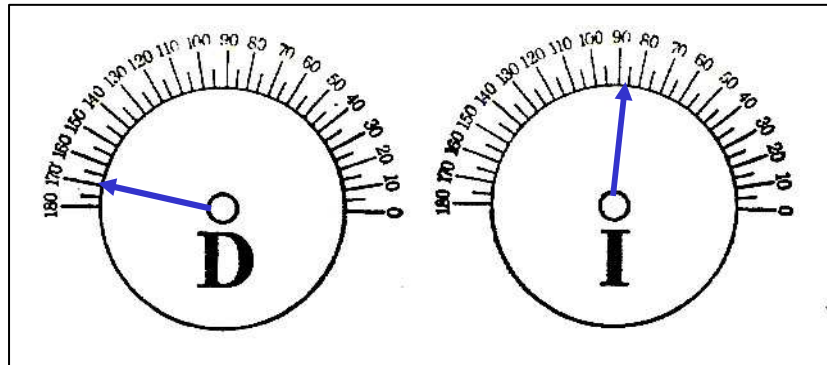
(Ej: OD: -2x85° y OI: -2,50x95°)



Astigmatismo simétrico heterólogo.

▪ **Asimétrico:**

No existe simetría de los meridianos principales en relación con la línea media. Los grados de los ejes no suman  $180^\circ$ . Esta es una de las causas oculares del tortícoli. Es mucho menos frecuente que el simétrico. (Ej: OD:  $-2 \times 170^\circ$  y OI:  $-1,50 \times 85^\circ$ )



Astigmatismo asimétrico.

- **Asimétrico Homónimo:** ambos ojos presentan astigmatismo a favor o en contra de la regla. (Ej: OD:  $-1 \times 75^\circ$  y OI:  $-2 \times 95^\circ$ )
- **Asimétrico Heterónimo:** un ojo presenta astigmatismo a favor, y el otro en contra de la regla. (Ej: OD:  $-0,75 \times 85^\circ$  y OI:  $-1,25 \times 5^\circ$ )

- **Clasificación anatómica del astigmatismo:**

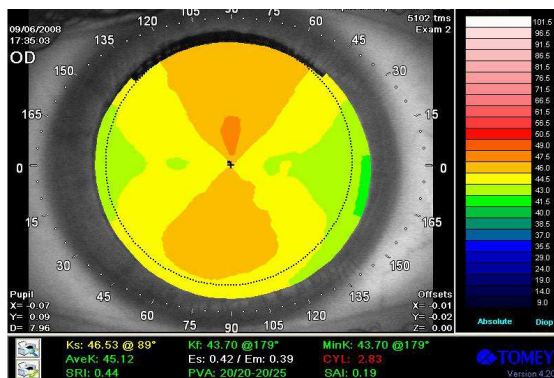
Según la estructura ocular implicada en la magnitud del astigmatismo total.

- **Corneal:**

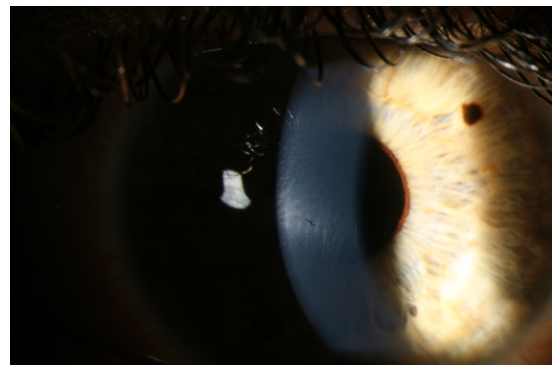
Es el más importante y por ello, se denomina **residual o restante** al astigmatismo producido por el resto de los medios oculares. La córnea es el medio ocular con mayor poder dióptrico, por su curvatura, y porque entre el aire y la cara anterior de la córnea es donde existe un mayor cambio de índice de refracción.

También radica a este nivel ocular el origen de la mayor parte de los astigmatismos irregulares, causados por alteraciones corneales que pueden ser congénitas, o adquiridas, secundarias a multitud de patologías que ocasionen cicatrices o deformidades corneales.

Generalmente, casi todo el astigmatismo corneal está inducido por la superficie anterior corneal.



Mapa queratométrico TMS-4



Estrías de Haab en queratocono

En el astigmatismo regular, la zona central de la córnea presenta meridianos con radios de curvatura constantes. Sin embargo, la cara anterior de la córnea se va aplanando hacia la periferia, por lo que se trata de una superficie esférica.

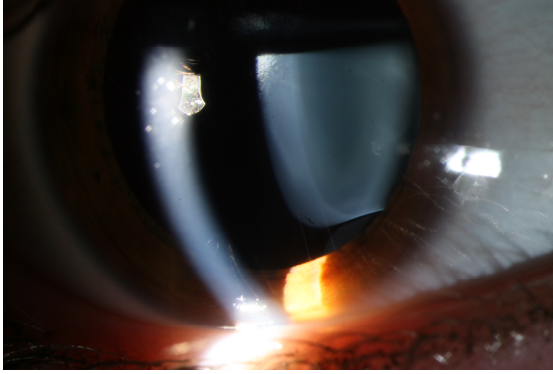
Para una mejor practicidad didáctica se le compara con una superficie tórica.

Cualquier patología capaz de producir una deformación en la córnea puede inducir un astigmatismo. Es frecuente encontrar compresión del párpado sobre el meridiano vertical incurvándolo ligeramente, bien de forma fisiológica, bien por patologías como orzuelos o chalaziones. Esto condiciona astigmatismo a favor de la regla. Por otro lado, un pterigion nasal puede aplanar el meridiano horizontal, induciendo un astigmatismo a favor de la regla.

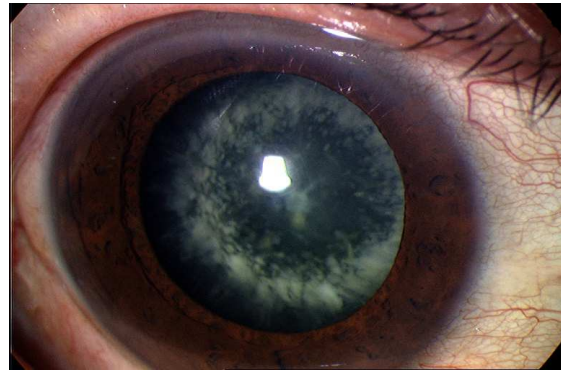
- **Cristaliniano:**

Generalmente es debido a anomalías en su forma o en su posición como pueden ser las subluxaciones cristalinianas, y en el caso de ojos pseudofáquicos, por inclinación o desplazamiento de la lente intraocular implantada. Fisiológicamente, el cristalino se encuentra ligeramente desplazado, encontrándose su parte externa más atrás que la interna, y la parte superior más adelantada que la inferior. Pero el astigmatismo resultante, en condiciones normales, carece de importancia, y su cuantía es prácticamente despreciable. Determinadas patologías, como puede ser el lenticono, provoca astigmatismo de curvatura del cristalino. La existencia de una catarata puede ocasionar un astigmatismo de índice por cambios en el índice refractivo, que incluso puede ser de distinta magnitud en distintos sectores cristalinianos, especialmente en cataratas corticales.





Subluxación del cristalino



Catarata cortical

- **Retiniano:**

Habitualmente inapreciable. En algunas patologías, la variación de la orientación macular pueden provocarlo.

- **Vítreo:**

La turbidez vítrea, o presencia de opacidades en su interior puede modificar el índice de refracción induciendo un astigmatismo irregular.

- **Ciliar o zonular:**

Las alteraciones en las fibras zonulares o a nivel del músculo ciliar pueden producir una acomodación desigual en diferentes sectores cristalinianos.

## **MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL ASTIGMATISMO:**

- **Esquiascopia o retinoscopia:**

Son técnicas que nos dan una medición objetiva de la refracción ocular. De gran utilidad en pacientes no colaboradores. Dependen de la experiencia del oftalmólogo en su exactitud pero consiguen mediciones bastantes aproximadas. Lo ideal es su realización bajo cicloplejía para evitar que la acomodación nos conduzca a error en su valoración.

En el caso del astigmatismo podemos medir las dioptrías de diferencia entre la neutralización de las sombras en uno y otro eje conociendo así el valor dióptrico; y también saber si es a favor, en contra u oblicuo.

- **Refracción subjetiva:**

Ir ajustando esfera y cilindros en función de la respuesta subjetiva del paciente. Nos pueden ser de utilidad distintos optotipos diseñados a tal fin, así como el cilindro cruzado de Jackson para conseguir aumentar nuestra precisión en su medida.

- **Autorefractómetros:**

Introducidos en la práctica desde los años setenta, con constantes mejoras. De uso habitual en la práctica diaria del oftalmólogo, nos facilitan las mediciones de defecto esférico y cilíndrico con bastante fiabilidad de

forma objetiva. Influenciables por la acomodación y colaboración del paciente en sus resultados. Con variabilidad en su precisión de la medición entre las distintas casas comerciales. Limitados en la cantidad de dioptrías astigmaticas detectables (“over-cyl”). No nos dan información de la regularidad del astigmatismo aunque subjetivamente lo observaremos en la pantalla de visualización.

Además, estos instrumentos nos dan una medición de la queratometría anterior que podremos comparar con el astigmatismo total para distinguir si existen otras alteraciones cristalinianas o de polo posterior que no debemos tener en cuenta a la hora de elegir la lente intraocular.

▪ **Queratómetros Javal-Schiotz:**

Dos miras luminosas (rectangular verde y en escalones rojos) son reflejadas sobre la córnea en su superficie anterior, ambas tienen un desplazamiento simétrico desde los dos ejes del instrumento; siendo este desplazamiento traducido a dioptrías o mm de radio corneal. Además, la nivelación-orientación de las miras nos dará el ángulo del eje astigmático.

Se realizan dos mediciones, una en el eje de mayor potencia dióptrica y otra en el de menor, ajustando las miras. La diferencia entre la potencia dióptrica de estos dos ejes nos da el valor del astigmatismo corneal anterior y su eje.

- **Disco de Plácido:**

Plácido en 1880 diseña el queratoscopio que lleva su nombre. Es un instrumento que proyecta sobre la superficie de la córnea una serie de anillos concéntricos, evaluando de forma cualitativa las variaciones de la curvatura corneal (en las zonas más planas la distancia entre los anillos es mayor y en las más curvas, menor).

Por incorporación al mismo de sistemas de análisis computarizado surgen los actuales topógrafos corneales: de reflexión (videoqueratoscopia) y sistemas de elevación (Orbscan).

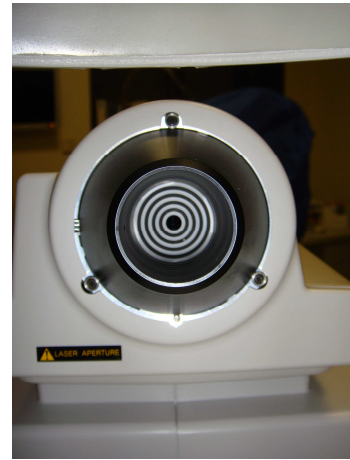
- **Topógrafos corneales:**

- **Videoqueratoscopia (Tomey®):**

Elaboran un mapa de la superficie corneal basado en la estimación del radio de curvatura a partir de la proyección de anillos de Plácido. La imagen proyectada de anillos concéntricos sobre la superficie corneal es reflejada por ésta y capturada por un ordenador, que la digitaliza y calcula el radio de curvatura en varios puntos, según la distancia entre los anillos y desde el centro de la córnea. La información obtenida en coordenadas x e y es transformada en un mapa tridimensional.

El radio de curvatura tiene un equivalente en dioptrías que se representa en un mapa topográfico en colores, donde cada dioptría está representada por un color. (Colores cálidos, mayores dioptrías – Colores fríos, menos dioptrías). Por esta representación podemos saber si una córnea es plana o curva, si la superficie es regular o irregular, definir el

tipo de astigmatismo, detectar condiciones ectásicas (queratocono), valorar cambios inducidos quirúrgicamente...



**Videoqueratoscopio Tomey TMS-4. (1)Pantalla de captura.**

**(2) Mentonera para el paciente. (3) Detalle de los anillos de Placido.**

#### ■ **Topografía de elevación. (Orbiscan®)**

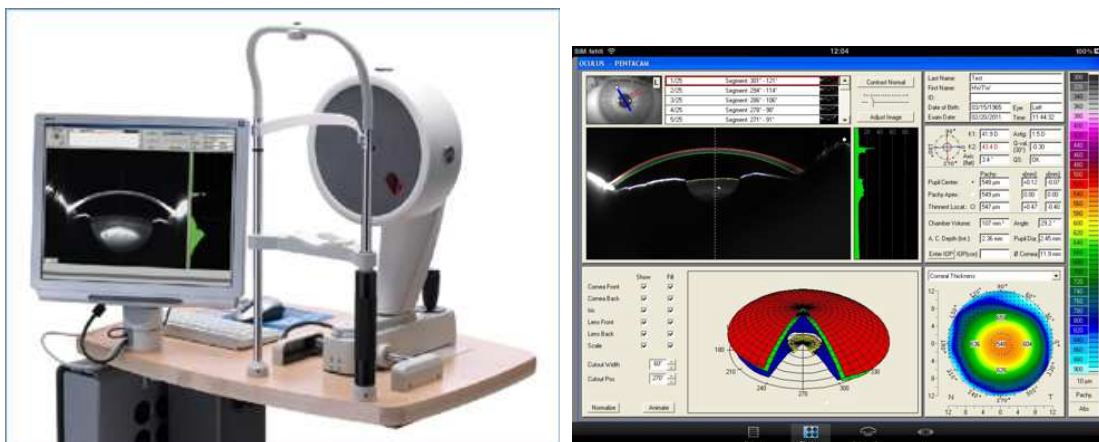
Esta técnica agrega a la queratoscopia convencional 40 imágenes de hendidura de limbo a limbo, con una separación entre las mismas de 250 micras. Cada imagen de hendidura aporta 240 puntos, dando 9000 puntos de análisis de la superficie corneal. El algoritmo asociado calcula la superficie esférica que mejor se adapta a la superficie escaneada, y entrega un mapa de elevación con la altura (positiva o negativa) de cada punto explorado en relación a la esfera estimada.

El mismo proceso se realiza con la superficie posterior corneal y además se realiza una paquimetría óptica. Así se obtienen los distintos mapas: queratométrico, paquimétrico, de elevación de la superficie anterior y de elevación de la superficie posterior.

▪ **Pentacam:**

La Pentacam® es una cámara rotatoria basada en Scheimpflug que captura imágenes basadas en Scheimpflug del segmento anterior del ojo. La técnica basada en Scheimpflug proporciona imágenes nítidas y brillantes que incluyen información que va desde la superficie córnea anterior hasta la cápsula posterior del cristalino. Las ventajas clave del proceso de imágenes rotatorias son la medición precisa de la córnea central, la corrección de los movimientos del ojo, la fijación sencilla para los pacientes y el tiempo de reconocimiento extremadamente corto.

La Pentacam® calcula un modelo matemático de tres dimensiones del segmento anterior para proporcionar topografía corneal anterior y posterior y mapas de elevación, paquimetría corneal de limbo a limbo, análisis de cámara en 3D (mapa ACD, ángulo de cámara, volumen de cámara, etc.), densidad de la lente, tomografía y cálculo de la LIO mejorada para pacientes operados de LASIK, PRK o queratotomías radiales.



▪ **Galilei:**

El Analizador de Doble Cámara de Scheimpflug Galilei es un topógrafo de segmento anterior de última tecnología, fabricado por Ziemer Ophthalmics. Utiliza los principios de dos técnicas de examen: topografía mediante anillos de Plácido y la fotografía de doble cámara de Scheimpflug. El equipo toma todas las medidas necesarias para el control pre y post cirugía refractiva (topografía corneal anterior y posterior, profundidad de cámara anterior, distancia de limbo a limbo horizontal y vertical,...) de forma rápida y fiable mediante su sistema de alineamiento de imágenes.



## **2.7 Corrección quirúrgica del astigmatismo**

Además de la corrección “protésica” del astigmatismo con el empleo de lentes montadas en gafas, o mediante el empleo de lentes de contacto, en sus diferentes modalidades y materiales, los oftalmólogos han buscado diferentes soluciones quirúrgicas. Comentaremos brevemente en qué consisten las más frecuentemente empleadas.

Se han utilizado las siguientes técnicas quirúrgicas con el fin de disminuir o corregir el astigmatismo.

### ▪ **Incisiones corneales en el meridiano más curvo corneal.**

La incisión con bisturí necesaria para el abordaje ocular en la cirugía de cataratas conlleva (habitualmente) una disminución de la curvatura del eje incidido. La potencia del efecto depende de la posición del eje, del tamaño de la incisión, de la posición de la incisión con respecto al centro corneal, de la forma de la incisión, del empleo de suturas asociado, de la cicatrización del paciente y del propio cirujano.

### ▪ **Incisiones enfrentadas en cornea clara.**

Basadas en los mismos conocimientos que la anterior técnica. Se aplica una segunda incisión en el meridiano corneal más curvo, opuesta a la incisión principal.



### ■ **Incisiones arcuatas e Incisiones relajantes limbares.**

La cirugía incisional anastigmática se basa en realizar cortes corneales no perforantes consiguiendo una modificación de la curvatura corneal. En función de donde se aplican se denominan relajantes limbares (IRLs) a aquellas realizadas paralelas aproximadamente un mm. al limbo esclero-corneal y arcuatas a aquellas más próximas al centro óptico corneal. Su tamaño, posición y efecto buscado se deben evaluar de forma previa a la cirugía y deben basarse en el empleo de nomogramas.

### ■ **Técnicas de cirugía refractiva láser.**

Las diferentes técnicas refractivas surgidas en los últimos años (PRK, LASIK, LASEK...) han conseguido modelar la superficie corneal, corrigiendo el defecto refractivo esférico y astigmático en una gran parte de la población. En algunos casos estas técnicas se han empleado de forma concomitante a la cirugía de catarata (*Bioptics*)

### ■ **Anillos corneales.**

Empleados en la corrección del astigmatismo elevado asociado a queratocono. Se introducen uno o dos segmentos de anillo transparente intraestromales buscando el aplanamiento del meridiano más curvo.

■ **Lentes intraoculares tóricas.**

Se han empleado diferentes tipos de lentes tóricas fáquicas o pseudofáquicas para obtener la corrección del astigmatismo. Se han diseñado lentes de cámara anterior y apoyo angular, lentes ancladas a iris, lentes precristalinianas fáquicas y lentes pseudofáquicas de apoyo en sulcus o intracapsular.

## **2.8 Evolución de la cirugía de la catarata y de las lentes intraoculares**

Está descrito que la cirugía de la catarata se viene practicando con anterioridad al año 1300 a. C., sin una descripción de la técnica empleada. Entonces, se pensaba que la catarata se producía por coagulación de los humores existentes detrás del iris, ya que el reflejo pupilar aparecía blanquecino en las cataratas maduras.

La primera cirugía documentada de catarata de la que se tiene conocimiento es la reclinación de la catarata. Existen descripciones que le atribuyen una antigüedad desde el 600 a. C. Se practicaba en la India y su uso se propagó por el Imperio romano, la Europa medieval y el África subsahariana. Los cirujanos, con una aguja o lanceta, incidían el ojo un milímetro detrás del limbo o en la misma córnea apuntando hacia la mancha blanca en la pupila y después con un movimiento hacia atrás y hacia abajo se dislocaba el cristalino.

Oculistas sirios y árabes 1000 años d.C. describen variantes de la técnica de reclinación como puncionar la catarata con una aguja hueca y aspirarla. Estos métodos no fueron fructíferos, por lo cual la reclinación fue la técnica que se impuso hasta el siglo XIX.

En la primera mitad del siglo XIX se hace popular la técnica de extracción intracapsular de la catarata. La técnica consiste en la ruptura de las fibras zonulares por diferentes medios; de ellos la extracción con pinzas y crioextractor sobrevivió hasta finales de la década de 1970.

En 1753 el oculista francés Daviel (1699-1762) describe la técnica de extracción extracapsular. Sin embargo, los cirujanos oculistas seguirán practicando la reclinación. Es a mediados del siglo XIX cuando la técnica extracapsular se hace popular, pero debido a la frecuente vitreorragia los cirujanos seguirán practicando las técnicas intracapsulares más perfeccionadas, muy difundidas por el oftalmólogo británico Smith en la India que realizaba una extracción del cristalino en su totalidad con una maniobra de presión-contrapresión ayudado por una cucharilla en asa y un gancho de estrabismo.

Es a partir de los años setenta con la aparición de las lentes intraoculares y con técnicas que permiten una extracción extracapsular controlada con buenos resultados, cuando aparece la cirugía moderna de la catarata.

En 1949, Harold Ridley, Oftalmólogo inglés, tras observar la buena tolerancia del PMMA (polimetilmetacrilato) intraocular en pilotos con fragmentos de parabrisas en el segmento anterior, diseña e implanta una lente intraocular de dicho material para recambiar el cristalino extraído tras una EECC.

En los años 50 la técnica intracapsular (EICC) sigue siendo la más frecuente, por ello se siguen perfeccionando modelos de lentes intraoculares para el implante en la cámara anterior, posicionadas en el ángulo o ancladas al iris.

Hasta que no surgen modelos de hápticos flexibles, las lentes no son bien toleradas por la dificultad de acomodar el tamaño de la lente a su posición dentro del ojo.

### **Evolución de las lentes intraoculares:**

- 1950 LIO Ridley (cámara posterior)
- LIOs Cámara Anterior rígidas
- LIOs Cámara Anterior de asa flexible
- LIOs Cámara Anterior con hápticos abiertos de fijación en cuatro puntos
- LIOs de cámara posterior y sus múltiples modificaciones
  - LIOs de cámara posterior biconvexas
  - LIOs de cámara posterior márgenes cuadrados
  - Empleo de Cromóforos, filtros UV
  - Asféricas, tóricas, acomodativas, multifocales, etc.

Consecuencia del cambio a la técnica de EECC moderna, el diseño de las LIOs se modifica para su implante en la cámara posterior con apoyo en la cápsula del cristalino, relegando a las de cámara anterior a un papel secundario.

- **LIOs de cámara posterior:**

Shearing modifica una lente flexible de CA de tres piezas de asas cerradas abriendo las asas e insertándola en el saco.

Diferentes modificaciones por Pierce, Sinskey y Shearing permiten que la EECC con implante de LIO en CP sea la técnica de referencia en la moderna cirugía de catarata.

Posteriormente han seguido apareciendo cambios en la geometría de la óptica, de plano-convexas a biconvexas, cambios en el diseño de

márgenes, diseño de lentes esféricas, inserción de cromóforos en el material de la lente.

Cuando Mazzocco fabrica la primera lente plegable con forma de plato<sup>143,144</sup>, se facilita la implantación de lentes por incisiones pequeñas. Este hecho impulsa que la facoemulsificación se convierta en el nuevo referente hasta nuestros días en la cirugía de la catarata.

Actualmente la mayoría de lentes plegables emplean materiales acrílicos y algunas, silicona.

En la última década la mejora en la personalización de la lente para cada ojo ha implicado la aparición de lentes tóricas para la corrección del astigmatismo y de lentes multifocales y acomodativas para corregir la presbicia. De forma muy reciente y dado el éxito en el implante de estas opciones, han surgido combinaciones de lentes tóricas-multifocales.

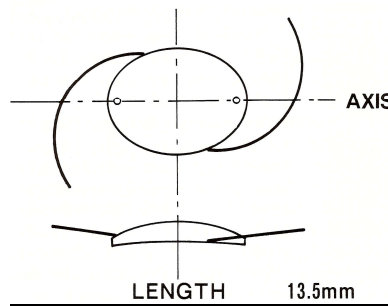
#### ▪ **Evolución de las lentes tóricas**<sup>145</sup>

Dos tipos de lentes tóricas con características muy diferentes comienzan su desarrollo de forma simultánea en Japón y EEUU en el año 1992.

K. Shimizu<sup>146</sup> presenta en el congreso de la ASCRS de San Diego una lente tórica de PMMA de la casa Nidek: **NT-98B**.

Ese mismo año en EEUU una lente tórica plegable de la casa STAAR (**AA-4203T**) comienza la Fase I de los estudios de la FDA.

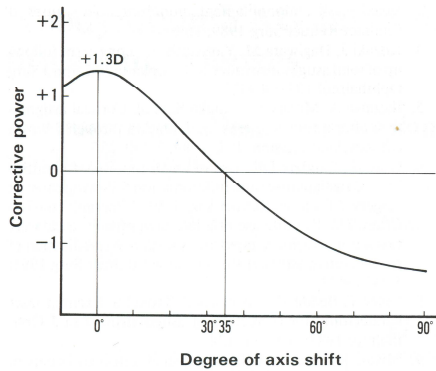
**Lente NT-98B** (Fig. 1) es una lente de tres piezas con óptica ovalada de PMMA de 6.5 x 5.5 mm con dos agujeros de posicionamiento en el eje mayor y hápticos de prolene. La parte tórica está situada en la superficie posterior cóncava, y el eje del cilindro en el eje menor de la lente. Esta lente está diseñada para corregir astigmatismos en contra de la regla y tiene dos opciones de cilindro: +2 dioptrías y +3 dioptrías.



**Fig. 1: Lente NT-98B**

En el año 1994 K. Shimizu publica los primeros resultados en los que resalta tres aspectos:

- Las lentes de + 3 dioptrías corrigen más astigmatismo que las de + 2 dioptrías.
- El efecto corrector va disminuyendo a medida que la lente rota y se aleja del eje astigmático, siendo su efecto negativo a partir de 35º de rotación (Fig. 2).
- La rotación siempre se produce en contra de las agujas de reloj.

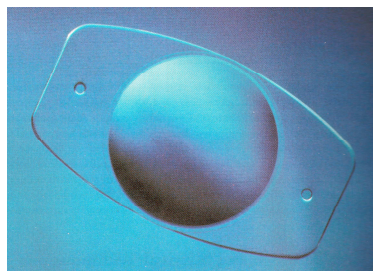


**Fig. 2: Relación de grados de rotación y potencia correctora de una lente tórica de +2.**

La necesidad de ampliar la incisión a 5.7 mm, unido a la rotación de esta lente, la hizo fracasar; pero sirvió para comprobar la eficacia de las lentes tóricas y la importancia de su estabilidad dentro del saco capsular para obtener resultados efectivos.

▪ **Lente STAAR AA-4203T:**

La casa STAAR basándose en trabajos previos sobre la rotación de la lente de plato AA-4203 (Fig. 3) incorpora un diseño tórico a la óptica de esta lente y el resultado es la **AA-4203T**.



**Fig. 3: Lente plegable AA-4203**

Es una lente plegable, monobloque, con hápticos de plato y con 10.6 mm de longitud. Incorpora una adición tórica de + 2 dioptrías en la superficie anterior con el eje del cilindro orientado a lo largo del eje



longitudinal de la lente. Presenta en cada háptico un agujero de posicionamiento de 0.5 mm de diámetro.

El propósito de los estudios de la FDA era comprobar si las lentes tóricas reducían de forma sistemática el cilindro refractivo. Los primeros resultados publicados demostraron que en pacientes con astigmatismo preoperatorio de + 1.5 D y tras la implantación de una lente tórica, en el postoperatorio el 54% había reducido su cilindro a menos de 0.5 D. Respecto a la rotación, en el 60% de los pacientes había sido menor de 5º y solamente en un 6% había una rotación mayor de 30º.

En noviembre de 1998 la FDA aprueba la utilización de ésta lente STAAR para reducir el astigmatismo en la cirugía de catarata basándose en los resultados prometedores entre los que destacamos los publicados por Gravow<sup>147</sup>.

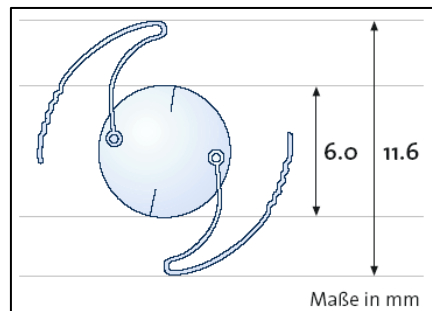
Esta lente sigue vigente, pero ha sufrido dos modificaciones para conseguir mayor estabilidad en el saco capsular:

- La longitud aumentó a 10.8 mm (TF) y posteriormente a 11.2 mm (TL)<sup>148</sup>.
- Los agujeros de posicionamiento aumentaron su diámetro a 1.15 mm.

Los primeros resultados en España para esta lente fueron publicados en 1998 por J. Castanera<sup>149</sup>. En un estudio de 12 ojos, el efecto corrector medio fue de 1.33 D para la lente de +2 D y de 2.61 D para la lente de +3D.

#### ▪ **Lente tórica 600T**

Lente de características muy diferentes, aparece en Europa en 1999, fabricada por la casa Dr. Schmidt Intraocularlisen con la posibilidad de corregir astigmatismos hasta 12 dioptrías (Fig. 4).



**Fig. 4: Lente tórica 600T**

La lente tórica 600T<sup>150</sup> es de PMMA y se fabrica individualmente según las características de cada paciente. Posee en los hapticos unas marcas a modo de dientes de sierra para evitar la rotación. En la actualidad se comercializa como lente plegable (Microsil 6116TU).

En la evolución de las lentes tóricas dos aspectos han sido fundamentales:

- Conseguir la máxima estabilidad de las lentes en el saco capsular.
- La posibilidad de que las lentes sean inyectadas por pequeñas incisiones que no modifiquen el astigmatismo corneal durante la cirugía.

## **OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

### **3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

### **3. CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** no existen diferencias entre el empleo de lentes tóricas con hápticos fenestrados y hápticos en L modificada.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Existen diferencias en el empleo de lentes tóricas con hápticos fenestrados y hápticos en L modificada.

**Hipótesis operativa 1:** Existen diferencias mayores a 0.50 dioptrías en el astigmatismo residual postquirúrgico entre las lentes SN60Tx (Alcon) y las lentes T-flex (Rayner).

**Hipótesis operativa 2:** Existen diferencias mayores a 5º en la rotación del eje de la lente implantada a los seis meses de la cirugía entre las lentes SN60Tx (Alcon) y las lentes T-flex (Rayner).

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1 Diseño:**

Ensayo clínico prospectivo, no aleatorizado. Simple ciego.

### **4.2 Sujetos:**

Pacientes de cualquier raza o género, con edad superior a 20 años con catarata unilateral o bilateral asociada a la edad que requieran cirugía y asocien un astigmatismo queratométrico regular entre 1'5 dioptrías y 4 dioptrías.

### **4.3 Población:**

- **Población diana:** Pacientes de cualquier raza o género con edad superior a 20 años con catarata unilateral o bilateral asociada a la edad que requieran cirugía y asocien un astigmatismo queratométrico regular entre 1'5 dioptrías y 4 dioptrías de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- **Población accesible:** Pacientes de cualquier raza o género con edad superior a 20 años con catarata unilateral o bilateral asociada a la edad que requieran cirugía y asocien un astigmatismo queratométrico regular entre 1'5 dioptrías y 4 dioptrías, pertenecientes al Sector Sanitario 1 del SALUD intervenidos en el Servicio de Oftalmología del Hospital Royo Villanova de Zaragoza.

## **4.4 Criterios de selección de la muestra**

### **▪ Criterios de inclusión:**

- Astigmatismo corneal regular confirmado por topografía (topógrafo Tomey Tms).
- Buena dilatación pupilar descrita en el preoperatorio.
- Ausencia de patología ocular no relacionada con el propio astigmatismo.
- Firma de consentimiento.
- Pacientes colaboradores con la técnica de facoemulsificación bajo anestesia tópica.

### **▪ Criterios de exclusión:**

- Embarazo, lactancia.
- Rechazo a la técnica.
- Rechazo a la firma del consentimiento informado.
- Pérdida en el seguimiento.
- Patología corneal previa con afectación del eje visual.
- Astigmatismo corneal fuera de los límites previamente fijados y astigmatismos irregulares o patológicos como queratocono, o degeneración marginal pelúcida.

- Patología retiniana previa con afectación de la agudeza visual, con excepción de la ambliopía supuestamente inducida por sus problemas refractivos o estafilomas.
- Glaucoma no controlado o que ha requerido cirugía filtrante previa.
- Pacientes con pseudoexfoliación capsular o subluxación del cristalino.
- Estrabismo manifiesto en la exploración.
- Complicaciones intraquirúrgicas que imposibiliten el implante de la lente o requieran segundas cirugías (luxaciones de fragmentos cristalinos a cámara vítrea, desgarros capsulares posteriores con vitreorragia...)
- Queratotomías filtrantes que requieran sutura intra- o postoperatoriamente.
- Cualquiera de los posibles criterios que contraindique la cirugía de catarata por facoemulsificación con anestesia tópica.

## **NORMAS ÉTICAS**

Todos los pacientes firmaron los consentimientos informados para la cirugía de catarata e implante de lente intraocular tórica.



## **4.5 MATERIALES**

- **Optotipos Snellen** en escala decimal para la medición de la agudeza visual.
- **Autorrefractómetros** con medición de refracción y queratometría automatizadas.
- **Topógrafo corneal** Tomey TMS-4
- **Biometro** óptico IOL-Master.
- **Sistema de captura fotográfica de polo anterior** Haag-Straight BX por retroiluminación para el seguimiento de la estabilidad de la lente en el saco



**Topógrafo: TMS-4**

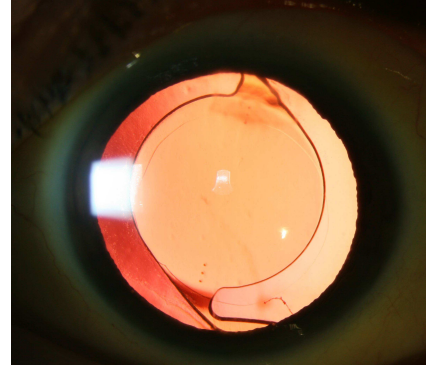


**Sistema fotográfico de polo anterior**

## ▪ **LENTE INTRAOCULARES TÓRICAS. CARACTERÍSTICAS:**

### ▪ **SN60T3, SN60T4 y SN60T5 Alcon**

Es una lente similar a su predecesora esférica SA60AT excepto en que incorpora unas marcas de referencia y un componente cilíndrico.



Son lentes monobloque (una sola pieza) poseen una óptica biconvexa asimétrica. Los hápticos están compuestos por el mismo material que la óptica.

- Polímero acrílico blando con un filtro ultravioleta químicamente añadido
- Diámetro de óptica: 6 mm
- Longitud total: 13 mm
- Tipo de óptica: tórica biconvexa asimétrica, presenta la superficie tórica en su cara posterior
- Angulación de los hápticos: 0º
- Configuración de los hápticos: L modificado STABLEFORCE
- Constante A recomendada: 118.4
- Índice de refracción: 1.55
- Filtro de luz: luz azul y Uv (coloración amarilla)
- Marcas guía del eje de la LIO: 3 puntos en la periferia de la óptica en la base de implantación de los hápticos marcan el eje más plano del toro.

Todos los modelos T3, T4 y T5 están disponibles en potencias entre + 6 y + 30 D con diferencias de 0'5 D entre ellas.

**SA60T3** posee una potencia cilíndrica de 1.50 D en el plano de la lente y 1.03 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos entre 0.75 y <1.5D

**SA60T4** posee una potencia cilíndrica de 2.25 D en el plano de la lente y 1.55 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos desde 1.5D hasta 2D

**SA60T5** posee una potencia cilíndrica de 3.0 D en el plano de la lente y 2.06 D de media en el plano corneal. Es adecuada para astigmatismos superiores a 2 dioptrías

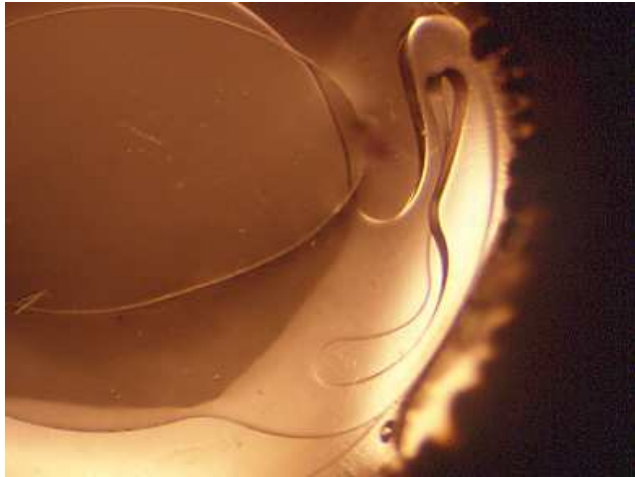
Con posterioridad la casa comercial ALCON ha ampliado el rango de potencias cilíndricas con T6, T7, T8 y T9 cubriendo mejor las necesidades de los pacientes con astigmatismos elevados.

#### ▪ **Rayner 571T y 671T T-flex**



- Cuerpo de la óptica: 5.75 mm
  - Diámetro de óptica: 5-5.75 mm
  - Longitud total: 12 mm
  - Acrílica Rayacryl
- 
- Tipo de óptica: tórica biconvexa asimétrica, presenta la superficie tórica en su cara posterior
  - Angulación de los hápticos: 0º

- Configuración de los hápticos: L fenestrada antivoltteo (AVH)



- Constante A recomendada: 118.4
- Índice de refracción: 1.55
- Filtro de luz: luz Uv (coloración transparente)
- Marcas guía del eje de la LIO: 1 línea en la periferia de la óptica por su cara posterior, en la base de implantación de los hápticos. Deben orientarse en el meridiano corneal más curvo.

### ▪ **Cálculo de la LIO a implantar**

La potencia del cilindro y el eje de emplazamiento de la lente fueron determinados por el calculador online de las dos compañías.


La biometría, queratometría, localización de la incisión y el astigmatismo inducido quirúrgicamente por el cirujano son introducidos en el cuestionario. Se estableció la emetropía como resultado refractivo posoperatorio esperado.

## Obtención del valor de la lente a implantar.

- Para SN60Tx (Alcon): el obtenido a través de la página [www.acrysoftoriccaculator.com](http://www.acrysoftoriccaculator.com) rellenando el formulario de la misma. Se obtiene el valor de la lente a implantar de forma inmediata.


ACRY Sof Toric IOL Web Based Calculators Alcon

Please select the appropriate Acry Sof® Toric IOL model for implantation.




**Models:**  
SN60T3  
SN60T4  
SN60T5  
SN60T6  
SN60T7  
SN60T8  
SN60T9  
Suggested A-Constant:  
118.4\*

**AcrySof® Toric IOL**



**aspheric Models:**  
SNIAT2  
SNIAT3  
SNIAT4  
SNIAT5  
SNIAT6  
SNIAT7  
SNIAT8  
SNIAT9  
Suggested A-Constant:  
119.0\*

**AcrySof® IQ Toric IOL**



**aspheric Models:**  
SND1T2  
SND1T3  
SND1T4  
SND1T5  
Suggested A-Constant:  
118.9\*

**AcrySof® IQ ReSTOR® Multifocal Toric IOL**

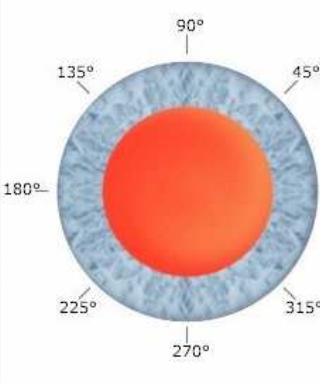
Please Note:

1) Not all AcrySof® Toric IOL models are currently available in all countries. For information on lenses available in your region, contact your local Alcon surgical sales representative.

2) Not approved in the USA: AcrySof® IQ Toric IOL Models SNIAT2, AcrySof® IQ ReSTOR® Multifocal Toric IOL Models SND1T2, SND1T3, SND1T4 and SND1T5.

3) \*A-Constant number provided as a guideline only. See product guide for more information.



ACRY Sof SINGLE-PIECE NATURAL IOL		Alcon CE	
Por favor, introduzca la información preoperatoria del paciente.			
Nombre del Médico	<input type="text"/>		
Nombre del Paciente	<input type="text"/>		
Información adicional del Paciente (I.D., Caso, etc.)	<input type="text"/>		
Selección del ojo	<input type="radio"/> OD(Derecho) <input type="radio"/> OI(Izqdo)		
Notación K	<input checked="" type="radio"/> Dioptrías <input type="radio"/> Milímetros		
K plana	<input type="text"/>	35.00D ~ 50.00D	
en eje plano	<input type="text"/>	0° ~ 180°	
K curva	<input type="text"/>	35.00D ~ 50.00D	
en eje curvo	<input type="text"/>	0° ~ 180°	
Potencia esférica de la LIO (P-IOL)	<input type="text"/> -- <input type="text"/>	6.0 D ~ 30.0 D	
Astigmatismo inducido quirúrgicamente (SIA)	<input type="text"/>	Por defecto 0.50 0.00D ~ 2.00D	
Ubicación de la incisión (IL)	<input type="text"/>	0° ~ 360°	
<input type="button" value="Continuar"/>			
V: 3.4.3			
Tutorial   Ayuda   País   Política de Privacidad y Condiciones Legales			

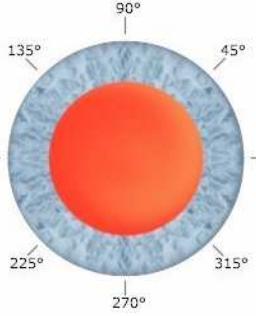


Eje curvo -----

Eje plano -----

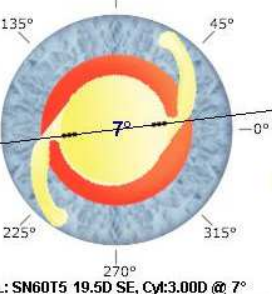
Incisión -----

 <b>SINGLE-PIECE NATURAL IOL</b> 		
Por favor, introduzca la información preoperatoria del paciente.		
Nombre del Médico	sierra	
Nombre del Paciente	X	
Información adicional del Paciente (I.D., Caso, etc.)	X	
Selección del ojo	<input checked="" type="radio"/> OD(Derecho) <input type="radio"/> OI(Izqdo)	
Notación K	<input checked="" type="radio"/> Dioptrías <input type="radio"/> Milímetros	
K plana	44	35.00D ~ 50.00D
en eje plano	90	0° ~ 180°
K curva	46	35.00D ~ 50.00D
en eje curvo	180	0° ~ 180°
Potencia esférica de la LIO (P-IOL)	19.5 D	6.0 D ~ 30.0 D
Astigmatismo inducido quirúrgicamente (SIA)	0.50	Por defecto 0.50 0,00D ~ 2,00D
Ubicación de la incisión (IL)	135	0° ~ 360°
<input type="button" value="Continuar"/>		
V: 3.4.3		
Tutorial   Ayuda   País   Política de Privacidad y Condiciones Legales		

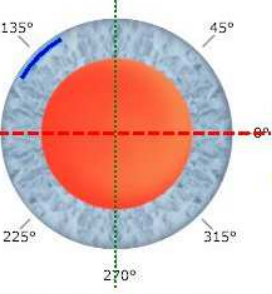


**Eje curvo** .....  
**Eje plano** .....  
**Incisión** .....

Recomendación sobre la lente	
<b>Información del paciente y médico</b> Nombre del Médico: sierra Nombre del Paciente: X Información adicional del Paciente (I.D., Caso, etc.): X	
<b>Información detallada sobre la lente</b> LIO AcrySof® Tórica: <b>SN60T5</b> Equivalente esférico (SE) de la LIO: <b>19.5 D</b> Eje de colocación: <b>7°</b> Potencia del cilindro (Plano de la LIO): <b>3.00 D</b> Potencia del cilindro (Plano de la córnea): <b>2.06 D</b>	
<b>Información sobre el cálculo</b> Astigmatismo corneal preoperatorio: 2.00 D X 180° Astigmatismo inducido quirúrgicamente: 0.50 D X 45° Resultado del Cilindro Cruzado (plano de la córnea): 2.06 D X 7° Astigmatismo residual previsto: 0.00 D X 7°	
<b>Información preoperatoria</b> Datos del paciente: K plana: 44.00 D en eje plano: 90° K curva: 46.00 D en eje curvo: 180° Potencia esférica de la LIO (P-IOL): 19.5 D Astigmatismo inducido quirúrgicamente (SIA): 0.50 D Ubicación de la incisión (IL): 135°	
<b>Notas:</b>  19ac3d84753c20ac49d10e8d27469e13 7/12/11 4:53:43 V: 3.4.3	

**OD(Derecho)**  


**IOL: SN60T5 19.5D SE, Cyl:3.00D @ 7°**  
 Flat K:44.00D @ 90° Steep K:46.00D @ 180°  
 P-IOL:19.5D SIA:0.50D IL:135° [V3.4.3]  
 19ac3d84753c20ac49d10e8d27469e13/7/12/11 4:53:43



**Flat K:44.00D @ 90° Steep K:46.00D @ 180°**  
**P-IOL:19.5D SIA:0.50D IL:135° [V3.4.3]**  
**19ac3d84753c20ac49d10e8d27469e13 7/12/11 4:53:44**  
**Eje curvo** .....  
**Eje plano** .....  
**Incisión** .....



■ **Para 571T y 671T T-flex (Rayner):**

La casa comercial facilita las distintas potencias de lentes que más se ajustan a la refracción emétrope según su propia fórmula. Dicha fórmula no es facilitada al cirujano-investigador. Suponía una demora aproximada de 7 a 10 días tras la cual el cirujano decide cual va a emplear.


Cuando se habían implantado la mitad aproximadamente de las lentes T-flex, la casa comercial Rayner pone en funcionamiento un sistema *on-line* más ágil a través de la página [www. rayner.com/raytrace](http://www.rayner.com/raytrace) semejante al empleado por Alcon para la elección personalizada de la LIO y además realiza el pedido por confirmación de la lente elegida.

The image displays three screenshots of the Raytrace On-line Ordering System. The top screenshot shows the main website interface with a navigation bar (HOME, ABOUT, NEWS, PRODUCTS, RAYTRACE, EVENTS, HISTORY, CONTACT) and a central section titled 'Raytrace® THE RAYTRACE® TORIC CALCULATOR >>'. It describes the 'TORIC CALCULATOR AND ON-LINE ORDERING SYSTEM' for Rayner T-flex®, M-flex® T Multifocal Toric, and Sulcoflex® Toric IOLs. The interface lists features under 'Easy to use', 'Convenient', and 'Accurate and predictable'. A laptop on the right shows the system's graphical interface. The bottom-left screenshot shows a user login screen with options: 'New Patient' (Enter patient details for the first time and calculate the required toric lens parameters), 'Previous Patient' (Retrieve details from previous data entry session), 'Manage Selections' (Review Selections), and 'Log out' (Log in as another user). The bottom-right screenshot shows the 'Raytrace® Online Ordering System' main menu with product categories: 'Toric IOLs' (T-flex®, M-flex® T, Sulcoflex® Toric), 'Multifocal IOLs' (M-flex®, M-flex® T, Sulcoflex® Multifocal), and 'Sulcoflex® IOLs' (Sulcoflex® Aspheric, Sulcoflex® Multifocal, Sulcoflex® Toric). A 'Menu' button is at the bottom.



**Surgeon** jorge SIERRA BARRERAS  
Hospital Select Hospital


**Patient**  
ID   
Date of birth   
Subject Eye ☒ OD(right) ☐ OS(left)  
Target Refraction   
Surgery date   
Pre-Operative Refraction  
Sphere  Cylinder  Degrees

**Patient data**  
Axial length measurement method  
☒ Contact Ultrasound  
☐ Immersion Ultrasound  
☐ Optical  
Axial Length (mm)   
ACD (mm)   
**Keratometry**  
Measurement units: ☒ mm ☐ D  
K1   Degrees  
K2   Degrees  
SIA (D)  Incision axis(deg)   
 **T-flex®**  
Calculate  
Menu  
[Or change lens style](#)  
N.B. Coloured fields are optional



**Surgeon** jorge SIERRA BARRERAS  
Hospital Select Hospital

**Patient**  
ID als  
Date of birth 25-4-1950  
Subject Eye ☒ OD(right) ☐ OS(left)  
Target Refraction   
Surgery date   
Pre-Operative Refraction  
Sphere  Cylinder  Degrees

**Patient data**  
Axial length measurement method  
☒ Contact Ultrasound  
☐ Immersion Ultrasound  
☐ Optical  
Axial Length (mm) 23.5  
ACD (mm) 3.1  
**Keratometry**  
Measurement units: ☒ mm ☐ D  
K1 44 90 Degrees  
K2 46 180 Degrees  
Keratometer index: ☐ 1.3375 ☒ 1.3320  
SIA (D)  Incision axis(deg)   
 **T-flex®**  
Calculate  
Menu  
[Or change lens style](#)  
N.B. Coloured fields are optional

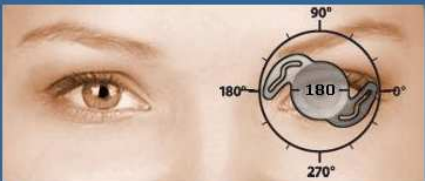


**Rayner**

Print Help

Lenses in plus cylinder form  
e.g. 21.0D +3.5D

**T-flex®**



Estimated post-op refraction			IOL Proposals			
Sph eq (D)	Sphere (D)	Cylinder (D)	Sph eq (D)	Sphere (D)	Cylinder (D)	model / range
0.4	0.4	-0.1	18.75	17.5	2.5	623T STD
0	0.1	-0.1	19.25	18	2.5	623T STD
-0.3	-0.3	-0.1	19.75	18.5	2.5	623T STD
0.3	0.2	0.1	18.88	17.5	2.75	623T PRM
-0.1	-0.1	0.1	19.38	18	2.75	623T PRM
-0.4	-0.4	0.1	19.88	18.5	2.75	623T PRM
0.00	0.00	0	19.29	18	2.65	Normal Values

☐ By ticking this box and confirming your selection you agree to Rayner's [Privacy Policy](#) and [Conditions of Sale](#)

Set values for recalculation: Sph 18.00 Cyl 2.50 **Recalculate**

**Confirm selection**

**Menu**

[Or change lens style](#)

**Change patient data**

Surgeon		Patient data	
jorge SIERRA BARRERA		Axial length measurement method	
Rayner Iberica		Optical	
Patient number 76521		Axial Length (mm)	23.50
ID a1s		ACD (mm)	3.10
Date of birth 25-4-1950		K1: 7.67 mm, 44.00 D, 90 degrees	
Subject Eye OS(left)		K2: 7.34 mm, 46.00 D, 180 degrees	

**Rayner** **Raytrace®** Print Back Next Patient Menu

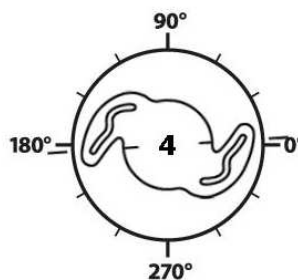
## Patient ID fat ben

Date of birth 10-2-1934  
Subject Eye **OD (right)**

## IOL

**21.5 + 3 x 4°**

**T-flex® 623T STD**



**Estimated postoperative refraction**

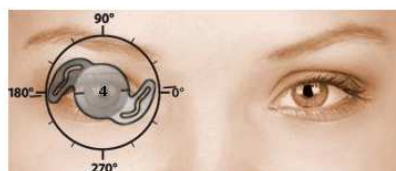
SE (D)	Sphere(D)	Cylinder(D)
0.1	0	0.2x94

### Biometry summary

K1: 7.82 mm, 43.16 D, 94 degrees  
K2: 7.44 mm, 45.36 D, 4 degrees  
AL: 22.56 ACD: 2.74 Optical

Target refraction: 0.00

Selection number: 10295  
Patient number: 47209



Surgeon jorge SIERRA BARRERA  
Hospital Rayner Iberica

Una diferencia entre ambas casas comerciales es que Rayner realiza un cálculo propio de la lente en base a parámetros solicitados como ACD, AL (medidos por US u ópticos), Ks (en mm o D) y el SIA. La fórmula biométrica no es facilitada al cirujano.

La casa Alcon a través de su página [www.acrysoftoriccalculator.com](http://www.acrysoftoriccalculator.com) indica que lente SN60Tx debe implantarse, pero lo hace partiendo de la potencia esférica que el cirujano pondría según su cálculo biométrico y las fórmulas que comúnmente emplea.

Lo anterior supone una ventaja hacia la casa Rayner si su predictibilidad refractiva es buena, dado que en parámetros extremos o cirugía previa es probable que disponga de fórmulas de cuarta generación y equipos de especialistas en determinar la potencia de la lente a implantar. Hacia la casa Alcon cabe destacar que su fórmula “sólo” añade la corrección cilíndrica a la potencia de lente obtenida con las formulas y aparatos de medida que comúnmente emplea el cirujano (con los factores de corrección conocidos por el mismo) así como el factor inducido por la incisión del cirujano (SIA).

## ■ **MATERIALES QUIRÚRGICOS :**

- Marcador de eje 0-180º de Elíes
- Marcador del eje corneal donde se posicionará la LIO: Marcador de Méndez
- Rotulador quirúrgico estéril
- Microscopio quirúrgico
- Plataforma de facoemulsificación y vitrectomía anterior INFINITI
- Bisturí 15º desechable
- Bisturí espatulado 2'75 mm desechable
- Viscoelástico dispersivo y viscoelástico cohesivo (Duovisc)
- Lidocaína intracamerular
- Cistitomo
- Pinza de capsulorresis
- Cánula de hidrodissección
- Espátula manipuladora de Pissacano



- LIO y su correspondiente sistema de plegado e inyección intraocular SN60AT: Inyector Royale y cánula de plegado.

Rayner: Inyector desechable.



**Inyector Royale (Alcon)**



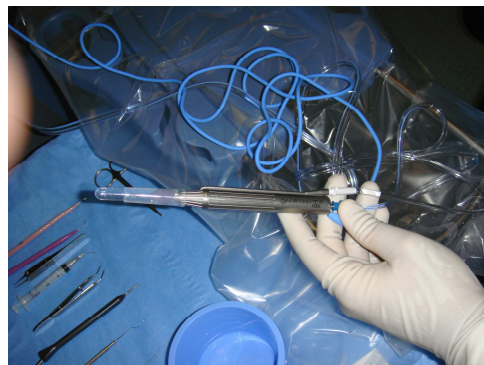
**Inyector desechable (Rayner)**



- Terminal de ultrasonido Ozil
- Terminal de irrigación aspiración mecanizada
- Cefuroxima intracamerular (en pacientes sin alergias previas conocidas a antibióticos betalactámicos, en ellos se empleó moxifloxacino o vancomicina intracamerular)



**Plataforma Infiniti (Alcon)**



**Terminal de US Ozil (Alcon)**

- Colirios antibiótico de tobramicina y antiinflamatorio de diclofenaco previos a la cirugía.
- Colirios antibióticos de tobramicina y dexametasona y de ofloxacino posteriores a la cirugía en pauta descendente.

## **4.6 MÉTODO**

Los pacientes fueron seleccionados en la consulta preoperatoria.

El proceso de selección no fue aleatorio, limitado por la disposición de las lentes de una y otra casa comercial. Los pacientes fueron admitidos de forma secuencial en el primer grupo y tras ser intervenidos se comenzó la inclusión de pacientes en el segundo grupo.

El estudio es prospectivo, simple ciego. Los pacientes no conocían que lente iba a implantarse para la corrección de su ametropía.

Todos firmaron el consentimiento informado de la técnica a realizar.

De forma previa a la cirugía se realizó una topografía corneal para descartar la existencia de astigmatismo irregular o queratocono subclínico.

Cuando la LIO se encontraba disponible se incluía al paciente para su cirugía.

Todos los pacientes han sido intervenidos por los oftalmólogos JSB y NLR siguiendo la misma técnica y con el mismo instrumental quirúrgico.

### **▪ Técnica de marcado intraoperatorio:**

Dentro de las posibilidades disponibles, se decidió realizar un marcado corneal con marcador de Elíes de forma peroperatoria, con el paciente sentado, mirando un punto fijo de referencia del quirófano, tras la aplicación de colirio anestésico. Una vez así marcados los ejes de 0-180º



el paciente recibía colirio de povidona yodada diluido al 3% y se trataba el campo operatorio según el protocolo de povidona yodada habitual.

Tras esto, paciente y campo quirúrgico estériles son posicionados, así como el microscopio quirúrgico. El primer paso que el cirujano realiza tras colocar el separador ocular es el marcado del eje en el que se posicionará la lente al finalizar la cirugía. Este marcado lo realizamos con un marcador de Méndez.



Fotografías marcado 0-180º



Marcador de Elíes. Detalle ampliado ramas y péndulo



Marcador de Navarro-Méndez. (dcha)

Detalle ampliado del anillo graduado y cabezal del marcador (debajo)



Los controles postoperatorios han sido realizados por los mismos cirujanos.

#### **Controles postoperatorios:**

- Día después de la cirugía:

Control de los parámetros postquirúrgicos habituales (presión intraocular, dolor, fenómeno de Seidel, estabilidad de la LIO, respuesta inflamatoria de la cámara anterior y edema corneal)

- Primera semana:

Medición de la agudeza visual en los optotipos de Snellen

Medición de refracción y queratometría con autorrefractómetro

Dilatación pupilar y fotografía por retroiluminación para control de la rotación de la lente.

- Control mensual:

Medición de la agudeza visual en los optotipos de Snellen

Medición de refracción y queratometría con autorrefractómetro .

Topografía control

Graduación para visión cercana y lejana.

Dilatación pupilar y fotografía por retroiluminación para control de la rotación de la lente.

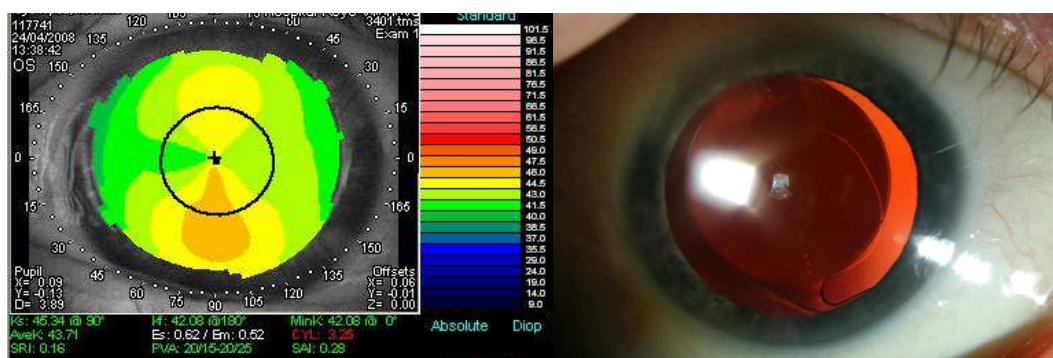
Fondo de ojo

- Control trimestral y semestral:

Agudeza visual con corrección

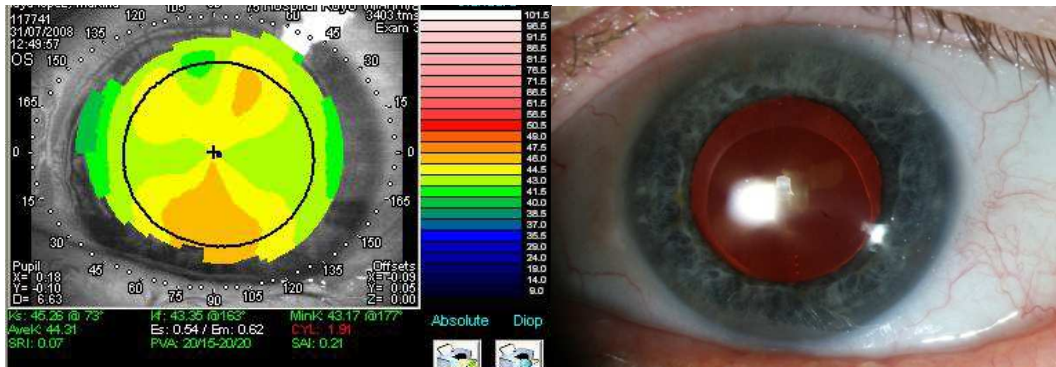
Medición de refracción y queratometría con autorrefractómetro .

Topografía y fotografía de polo anterior control.

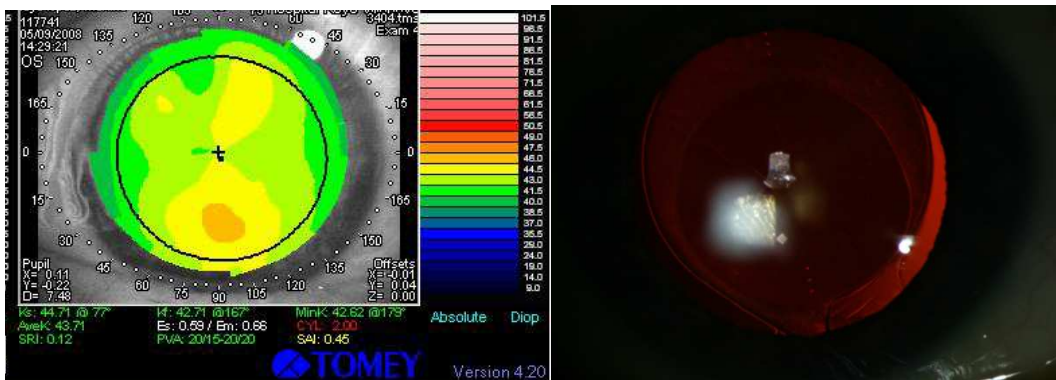


Topografía y fotografía primera semana.





Topografía y fotografía tercer mes.



Topografía y fotografía sexto mes.

## **4.7 TEST ESTADÍSTICOS**

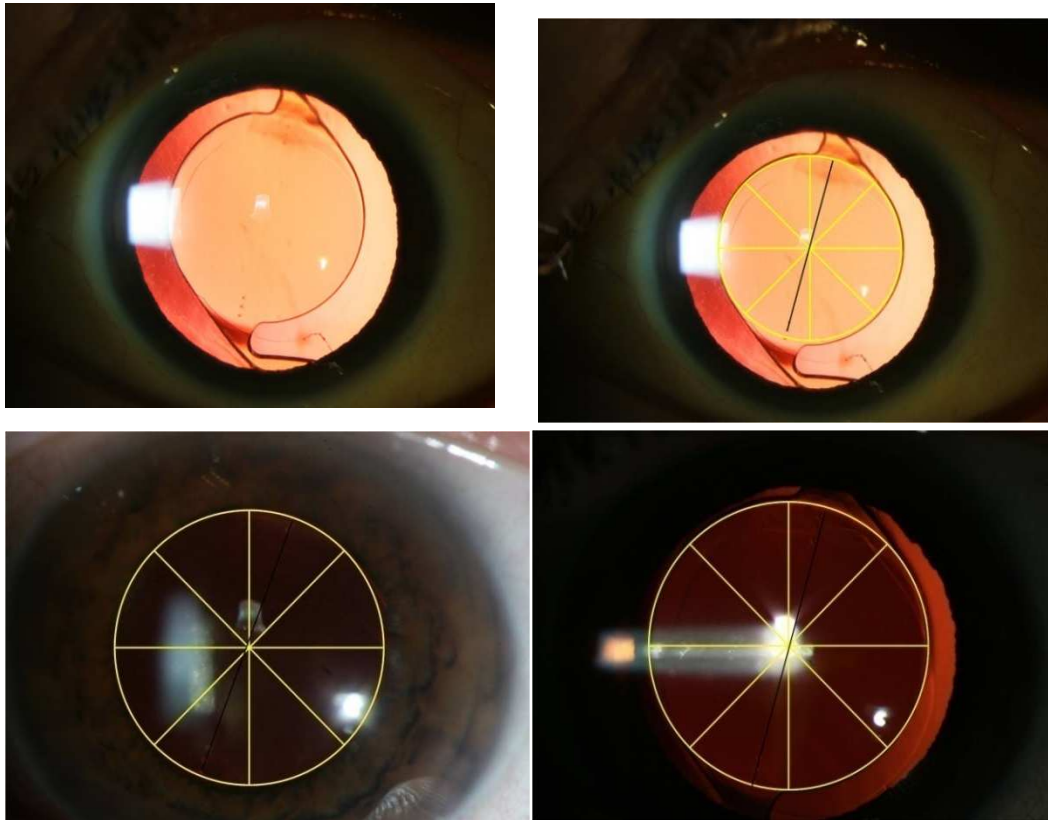
Nuestro estudio evalúa si la morfología en ventana de los hápticos es superior a la de L modificada en cuanto a la rotación dentro del saco en lentes tóricas.

El estadístico de prueba empleado es el test t-student para medias.

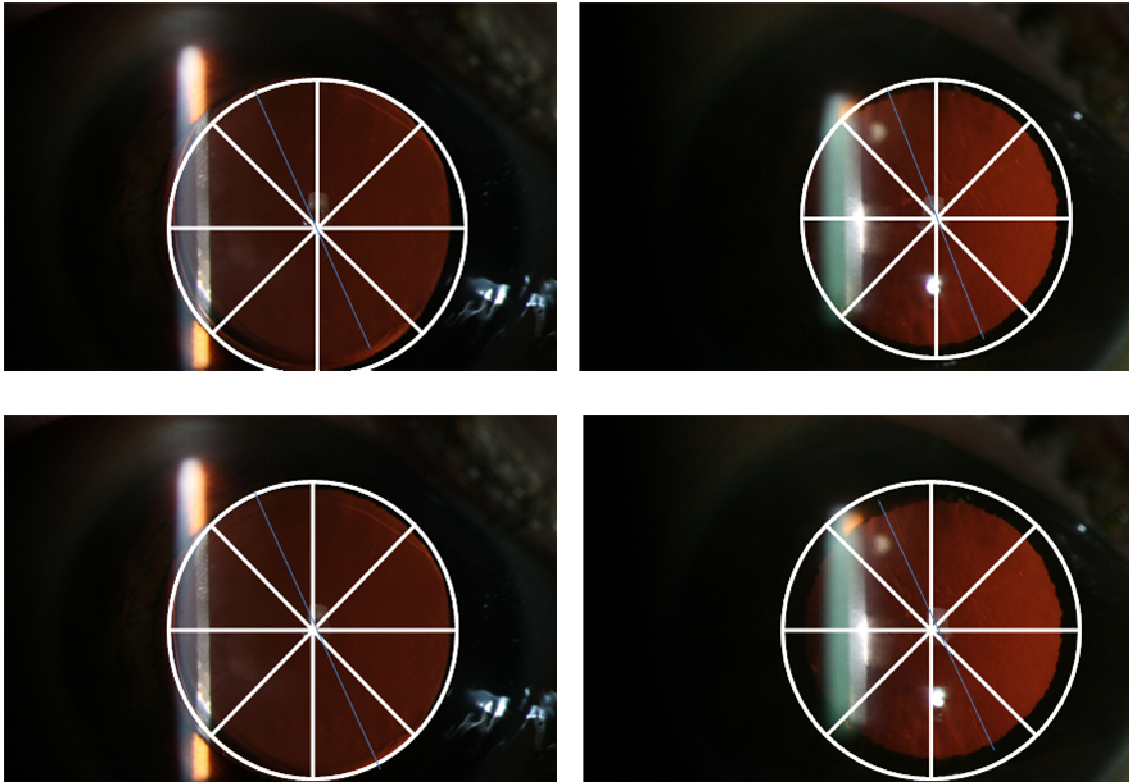
Medimos los grados de rotación de cada una de las lentes en el postoperatorio inmediato y a uno, tres y seis meses.

Para dicha medición comparamos el eje propuesto por la fórmula de la casa comercial, el eje de la lente al finalizar la cirugía (por comparación con la imagen final de vídeo) y las fotografías postoperatorias a la semana, 3 y 6 meses.

Realizamos la medición del eje de la lente con el software ImageJ (disponible en: <http://rsb.info.nih.gov/ij/>) distribuido por el National Institutes of Health, que permite realizar mediciones de ángulo con respecto a la horizontal.



Medición del eje de orientación de una lente SA60T5, obsérvense las marcas circulares.



Mediciones del eje de la lente a la semana, mes, tres y seis meses.

Lente Rayner 517T

## **4.8 ANÁLISIS VECTORIAL DEL ASTIGMATISMO**

El análisis del astigmatismo pre- y posquirúrgico se ha realizado usando el método del Análisis vectorial descrito por Thibos y Horner.<sup>151,152</sup>

Los vectores de potencia “*power vectors*” son una representación geométrica del error refractivo esferocilíndrico en tres componentes dióptricos independientes ortogonales (M, J0, J45);

- Siendo M el equivalente esférico del error refractivo total.
- Si eliminamos de la graduación el defecto esférico, queda un cilindro restante que puede expresarse como la suma de dos

cilindros cruzados de Jackson, con poder J0 en el eje de 0º y poder J45 en el eje de 45º. Estos vectores son más adaptables al manejo gráfico y al análisis estadístico.

- B es la longitud del vector con coordenadas M, J0, J45

B es una medida de la fuerza de la borrosidad “*blurried*” en conjunto por el defecto esferocilíndrico.

Las fórmulas empleadas para obtener las coordenadas y B son las siguientes

$$M = S + C/2$$

(S= potencia de la esfera, C= potencia del cilindro restante)

$$J0 = (-C/2)\cos(2\alpha)$$

$$J45 = (-C/2)\sin(2\alpha)$$

$$B = (M^2 + J0^2 + J45^2)^{1/2}$$

Nuestro vector poder inicial, será el que produciría el astigmatismo corneal anterior en valor negativo con una esfera residual de 0 Dioptrías; que es el valor al que aspiramos en el paciente pseudofaco con lente asférica no tórica y que con gran frecuencia obtenemos. Como las formulas biométricas que empleamos en nuestra práctica habitual nos dan el valor de lente intraocular para un equivalente esférico de 0 D, en nuestro servicio, como es común entre los distintos cirujanos oftalmólogos, en astigmatismos elevados tendemos a elegir lentes más potentes para que la esfera sea 0 y el astigmatismo final sea negativo. (Por

ejemplo en un paciente con un astigmatismo corneal de  $-2D \times 90^\circ$  el cálculo biométrico nos da un valor de lente para conseguir una refracción final de  $+1 -2 \times 90^\circ$ , basándose en la búsqueda del equivalente esférico más adecuado. Nuestra tendencia es elegir aquella potencia de LIO mayor para obtener una refracción de  $0 -2D \times 90^\circ$ , por la mejor tolerancia de la miopía postquirúrgica con respecto a la hipermetropía).

El vector poder final con el que comparar el efecto obtenido y la diferencia entre ambos modelos de lente es el que se obtiene de la transformación de la refracción final del paciente medida con el autorefractómetro y la graduación subjetiva en montura de prueba.

Aunque el método de análisis vectorial de Thibos y cols. emplea por convención el astigmatismo en positivo, no creemos que exista problema alguno en el manejo de los valores negativos de astigmatismo con los que habitualmente realizamos las notaciones de graduación en la práctica diaria, menos aún al realizar el paso de la notación habitual a un sistema euclídeo con tres ejes en el espacio positivos y negativos cada uno de ellos.

Hemos decidido realizar los cálculos estadísticos con el cilindro en negativo y en positivo para observar si los resultados son coherentes al plantearlos de uno u otro modo.

Cabe resaltar que los signos positivos y negativos de los diferentes valores del vector  $m$ ,  $j0$  y  $j45$  solo tienen el valor de indicar orientación, por ello en los cálculos de medias y test de comparación de los mismos hay que emplear valores absolutos.

Hemos recogido los valores de las variables en una hoja de cálculo Excel. Microsoft.

Hemos realizado el análisis estadístico con el programa Statview 5.0

## **4.9 TAMAÑO MUESTRAL**

La distribución estimada del cilindro corneal preoperatorio en la población es aproximadamente la reflejada en la siguiente tabla:

<b>Dioptrías de cilindro corneal</b>	<b>0-1.5D</b>	<b>1.5-3D</b>	<b>3-4D</b>	<b>&gt;4D</b>
<b>% pacientes</b>	78%	16%	4%	<2%

La prevalencia del astigmatismo aumenta con la edad. Se estima que aproximadamente la mitad de la población mayor de 60 años tiene un astigmatismo > de 1 D y más de un 22% de los candidatos a cirugía de catarata poseen un astigmatismo preexistente >1.5D.

La población con catarata y astigmatismo entre 1.5-4 D será alrededor del 20% de los operados

Anualmente se realizan unas 400.000 intervenciones de catarata en España. De este monto unas 80.000 presentarán astigmatismo moderado

y de ellas aproximadamente en un 15 % no estará indicado el implante de lente tórica por distintos motivos.

Así obtenemos una población aproximada de 68.000 ojos con catarata que podrían beneficiarse cada año de esta técnica.

Para el cálculo del tamaño muestral existen numerosas herramientas estadísticas on-line que nos ofrecen rapidez y sencillez, hemos empleado [http://www.solucionesnetquest.com/panel\\_netquest/calculadora\\_muestras.php](http://www.solucionesnetquest.com/panel_netquest/calculadora_muestras.php)

Para obtener una muestra fiable de nuestro estudio el tamaño muestral para un error alfa del 5% con un intervalo de confianza del 95% y un nivel de heterogenicidad del 50% el tamaño muestral necesario sería de 382 cirugías.

Dada la limitación en el medio donde se realiza el estudio de disponer de lentes intraoculares tóricas, nos obliga a seleccionar una muestra de mucho menor tamaño que supone aceptar un error alfa de 10% con un intervalo de confianza del 90% y un nivel de heterogenicidad del 50%. Obteniendo así un tamaño muestral de 68 pacientes, lo cual resta parcialmente potencia al estudio.

## 5. RESULTADOS



## 5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA MUESTRAL

Estudiamos diferentes parámetros, para los dos grupos de la muestra.

### ■ EDAD

#### Descriptive Statistics

Split By: tipo de lente

	edad, Total	edad, rayner	edad,alcon
Mean	70,000	69,688	70,323
Std. Dev.	12,329	10,757	13,941
Std. Error	1,553	1,902	2,504
Count	63	32	31
Minimum	31,000	42,000	31,000
Maximum	88,000	85,000	88,000
# Missing	0	0	0

#### Unpaired t-test for edad

Grouping Variable: tipo de lente

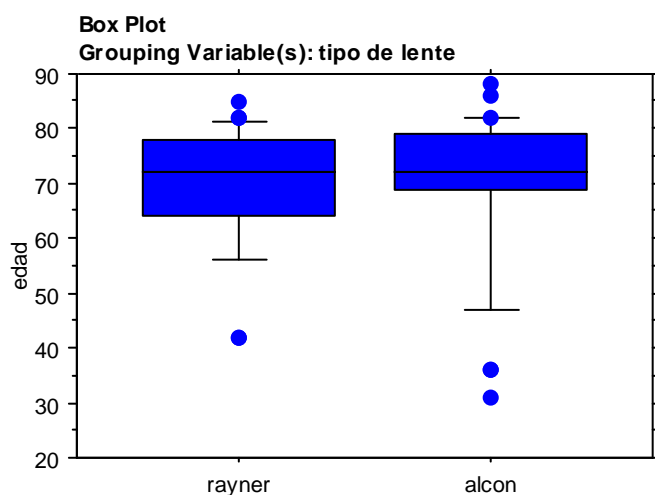
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,635	61	-,203	,8400

#### Group Info for edad

Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	69,688	115,706	10,757	1,902
alcon	31	70,323	194,359	13,941	2,504



La media de edad de nuestros grupos fue de  $69,69 \pm 10,76$  sd años para el grupo de lentes Rayner y  $70,32 \pm 13,94$  sd para el grupo de Alcon.

La diferencia entre ambos grupos es de 0,63 años. No se observan diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $p=0.84$ ).

## ■ Distribución por sexos en cada grupo muestral

### Frequency Distribution for sex

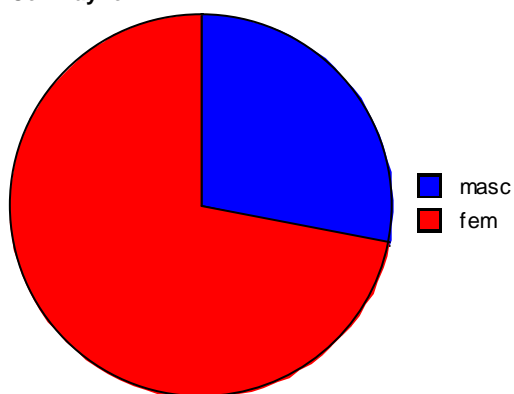
Split By: tipo de lente

	Total Count	rayner Count	alcon Count
masc	22	9	13
fem	41	23	18
Total	63	32	31

### Pie Chart for sex

Split By: tipo de lente

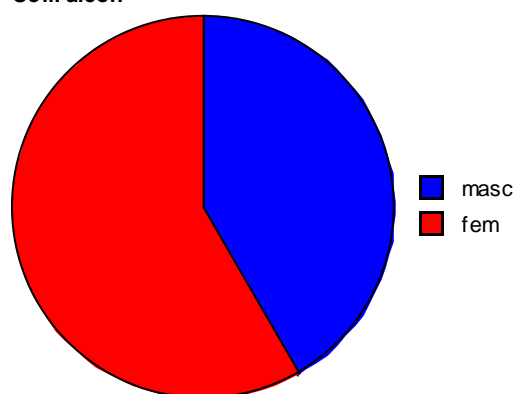
Cell: rayner



### Pie Chart for sex

Split By: tipo de lente

Cell: alcon



Por sexos encontramos un 28,1% de hombres y 71,9% de mujeres en el grupo Rayner y unas cifras 42% hombres y 58 % mujeres para el grupo Alcon.

## ■ Longitud axial

### Unpaired t-test for AL

Grouping Variable: tipo de lente

Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon	,023	61	,066	,9475

### Group Info for AL

Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	23,704	,970	,985	,174
alcon	31	23,681	2,801	1,674	,301

La longitud axial media ocular es de  $23,7 \pm 0,98$  mm en el grupo con lente Rayner y  $23,68 \pm 1,67$  mm en el grupo de tóricas Alcon sin ser esta diferencia estadísticamente significativa.

## **5.2 ANÁLISIS VECTORIAL CON NOTACIÓN**

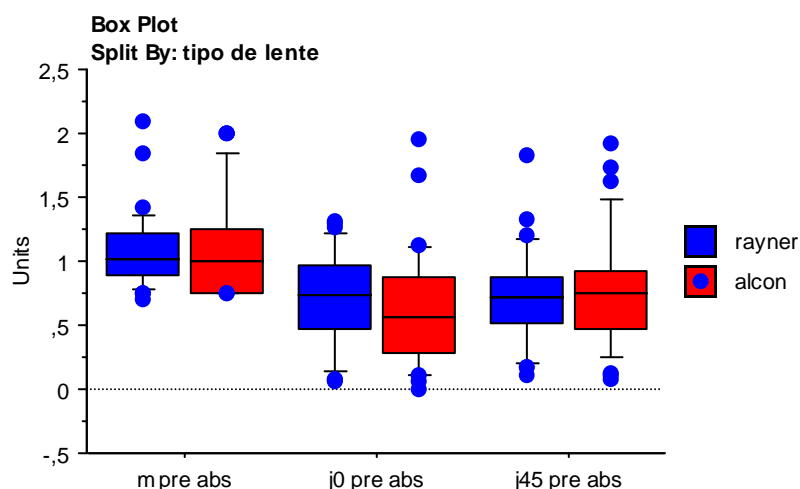
### **CILÍNDRICA EN POSITIVO.**

Por convención es así (con el cilindro en positivo) como se han publicado en diferentes ocasiones los datos para su comparación.

Hemos evaluado los resultados obtenidos para la misma muestra también con cilindro en notación negativa para observar si son o no coherentes empleando el método de Thibos-Horner.

Hemos dado valores al ángulo de notación entre 1 y 180 grados, observando diferencias en los valores del *power vector* y de *blurried* al emplear valores entre 181 y 360°. Esto es así, dado que para el oftalmólogo y su notación los valores del astigmatismo expresado a 0 o 180° ó de 90 a 270° no suponen una variación, pero sí en un espacio geométrico donde la fuerza del vector se ejercería en dirección opuesta; cambiamos el sentido al vector. Como comentamos en la introducción los vectores se pueden representar pero no medir y son conceptos-ideas matemáticos y el astigmatismo corneal es medible por la diferencia queratométrica sobre un meridiano determinado.

**Valores medios de m pre y j0 y j45 prequirúrgicos (en términos absolutos) para cálculos con cilindro en positivo.**



Comparación de medias para los dos tipos de lentes prequirúrgicos en cuanto a cada uno de los componentes medios del vector poder.

Unpaired t-test for m pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	,001	61	,008	,9939

Group Info for m pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	1,104	,088	,296	,052
alcon	31	1,103	,161	,401	,072

Los valores de **m medios prequirúrgicos** fueron (en términos absolutos puesto que el signo solo denota orientación espacial) de  $1,104 \pm 0,296$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $1,103 \pm 0,401$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. Sin que la diferencia inicial de 0,001 Dioptría menos a favor de las SN60TT sea estadísticamente significativa.

Unpaired t-test for j0 pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	,108	61	1,028	,3081

Group Info for j0 pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,715	,139	,373	,066
alcon	31	,607	,212	,461	,083

Los valores de **j0 medios prequirúrgicos** (en términos absolutos puesto que el signo solo denota orientación espacial) eran de  $0,715 \pm 0,373$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $0,607 \pm 0,212$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. La diferencia inicial de 0,108 Dioptría menor en el grupo SN60TT no es estadísticamente significativa.

Unpaired t-test for j45 pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

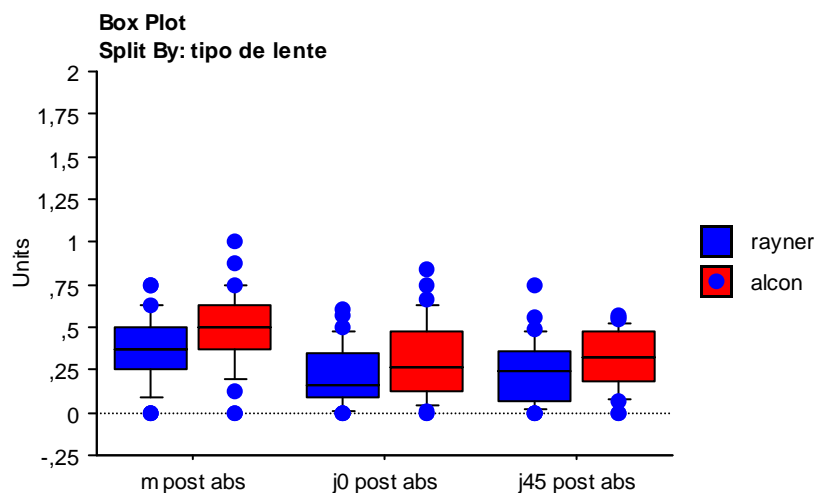
	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,049	61	-,486	,6290

Group Info for j45 pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,729	,129	,359	,063
alcon	31	,779	,199	,446	,080

Los valores de **j45 medios prequirúrgicos** fueron de  $0,729 \pm 0,359$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $0,779 \pm 0,446$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. Sin que la diferencia inicial de -0,049 Dioptrías a favor del grupo T-571 sea estadísticamente significativa.

**Valores medios de m, j0 y j45 postquirúrgicos (en términos absolutos) para cálculos con cilindro en positivo.**



**Unpaired t-test for m post abs**  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,112	61	-1,998	,0502

**Group Info for m post abs**  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,355	,044	,211	,037
alcon	31	,468	,055	,235	,042

Los valores de **m (en valores absolutos) medios postquirúrgicos** fueron de  $0,355 \pm 0,211$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $0,468 \pm 0,235$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. Sin que la diferencia 0,11 Dioptría menos a favor de las Rayner T-571 sea estadísticamente

significativa.  $P=0,0502$ . Pensamos que una diferencia de 1 décima de dioptría no es clínicamente relevante.

**Unpaired t-test for m post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Split By: astig 1,5-2,75-4**  
**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon: Total	-,112	61	-1,998	,0502
rayner, alcon: 1,5-2,74	-,053	51	-,903	,3709
rayner, alcon: 2,75-4	-,304	8	-2,136	,0652

**Group Info for m post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Split By: astig 1,5-2,75-4**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner: Total	32	,355	,044	,211	,037
rayner: 1,5-2,74	29	,353	,046	,214	,040
rayner: 2,75-4	3	,375	,047	,217	,125
alcon: Total	31	,468	,055	,235	,042
alcon: 1,5-2,74	24	,406	,044	,209	,043
alcon: 2,75-4	7	,679	,041	,202	,076

Si dividimos la muestra en dos grupos: uno con astigmatismo previo entre 1,5 y 2,74 D y otro con astigmatismo entre 2,75 y 4D; vemos como el menor rango de corrección dióptrico de las SN60TT (T3, T4 y T5) con respecto a las T-571 supone una mayor desviación de la corrección en el valor m postquirúrgico para los valores altos de astigmatismo (Alcon 2,75-4= 0,679 vs Rayner 2,75-4= 0,375). Lo cual no ocurre para los valores de astigmatismo entre 1,5 y 2,74 igualmente cubiertos por los rangos dióptricos de ambas casas comerciales.

**Unpaired t-test for j0 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,084	61	-1,622	,1100

**Group Info for j0 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,220	,031	,176	,031
alcon	31	,303	,053	,231	,041

Los valores de **j0 (en valores absolutos) medios postquirúrgicos** fueron de  $0,22 \pm 0,176$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $0,303 \pm 0,231$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. Sin que la diferencia de 0,08 Dioptría menos a favor de las Rayner T-571 sea estadísticamente significativa.  $P > 0,05$ .

**Unpaired t-test for j45 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,076	61	-1,696	,0949

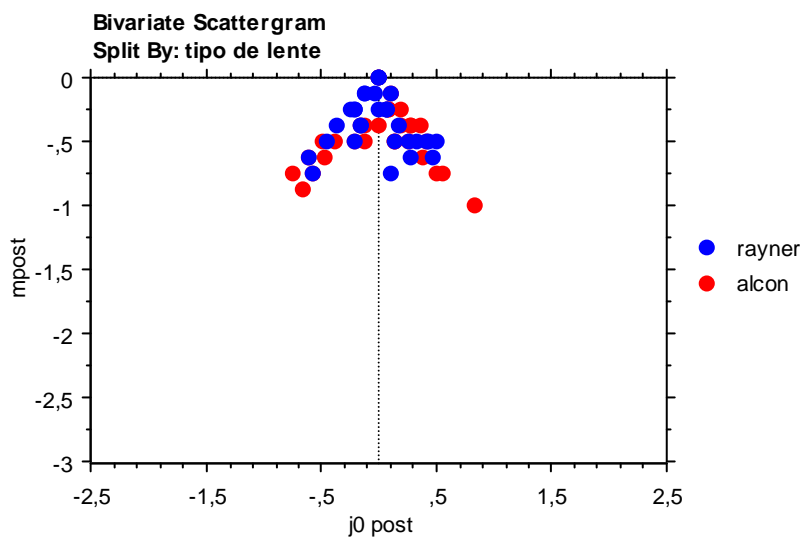
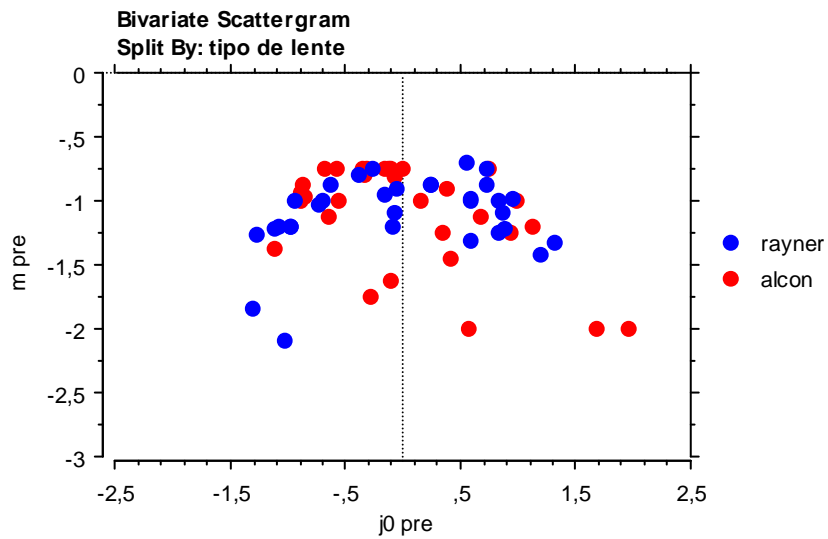
**Group Info for j45 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**

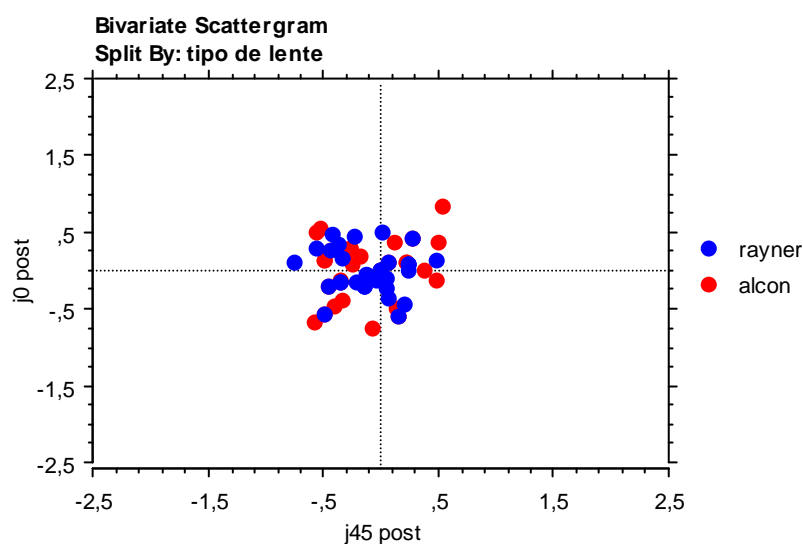
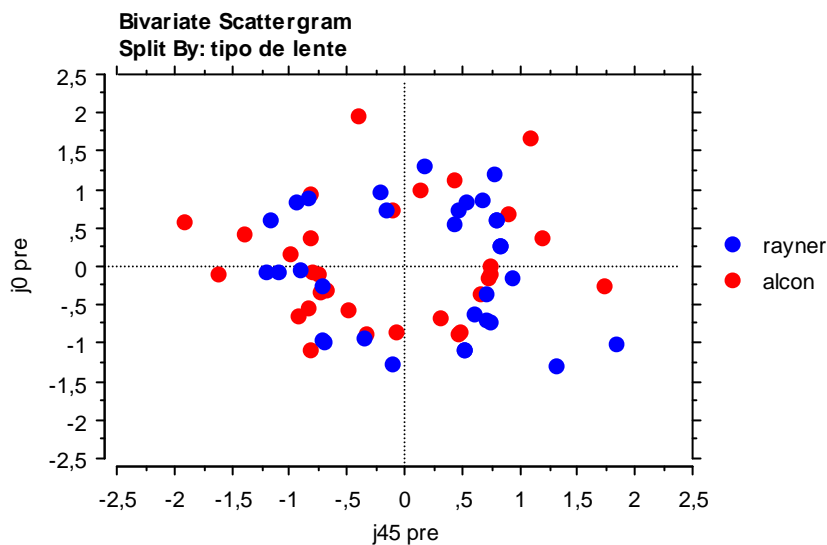
	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,241	,034	,185	,033
alcon	31	,317	,029	,170	,031

Los valores de **j45 (en valores absolutos) medios postquirúrgicos** fueron de  $0,241 \pm 0,185$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $0,317 \pm 0,170$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. Sin que la diferencia de 0,076



Dioptría menos a favor de las Rayner T-571 sea estadísticamente significativa.  $P > 0,05$ .





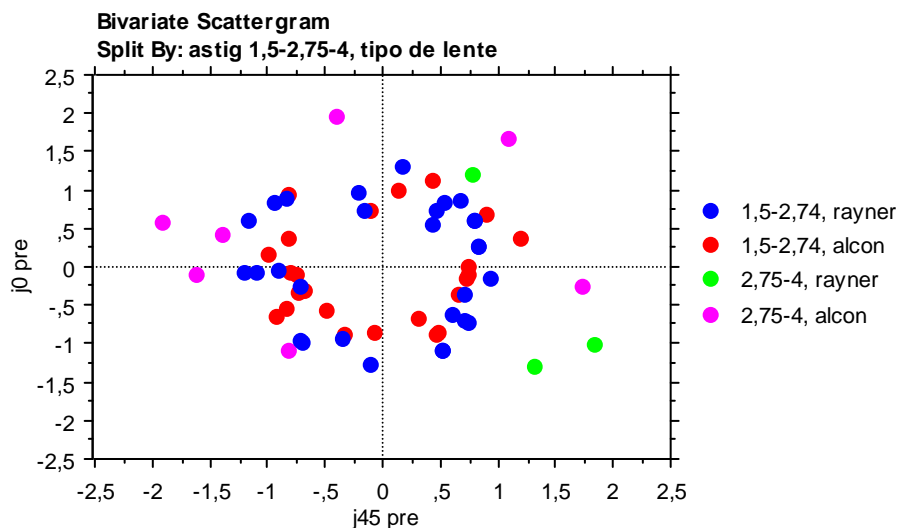
Observamos en los gráficos como los valores del vector poder ( $m, j_0, j_{45}$ ) postquirúrgicos se agrupan alrededor de 0, consiguiendo así el fin buscado de emetropía con ambos tipos de lentes y cálculos de potencia de las mismas.

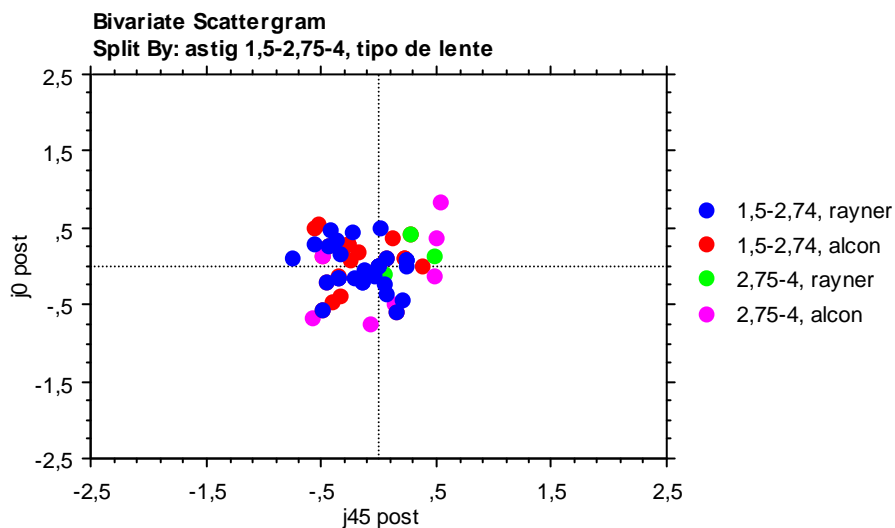
En el grupo de T-571 el 93,75% de los valores de  $j_0$  postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$  y el 93,75% de los valores de  $j_{45}$  postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$ .

En el grupo de SN60Tx el 80,65% de los valores de j0 postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$  y el 87,09% de los valores de j45 postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$ .

Todos los valores de j0 y j45 postoperatorios para los dos grupos estaban dentro de  $\pm 1 D$

Observamos como dividiendo en dos grupos de astigmatismo entre 1,5 a 2,74D y otro de 2,75 a 4 D, los valores de j0 y j45 del segundo grupo siguen siendo los de mayor valor postquirúrgico. A pesar de conseguir importantes reducciones de astigmatismo, se muestran menos precisos que para el grupo de astigmatismo menor como se observa en el segundo gráfico, en especial en el modelo de Alcon. En las Acrysof de Alcon ésto es debido a la no disponibilidad de potencias superiores a T5 cuando se realizó el estudio (puntos de color violeta).



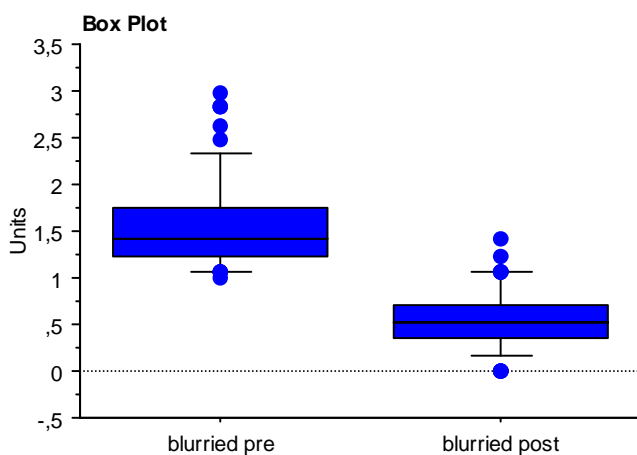


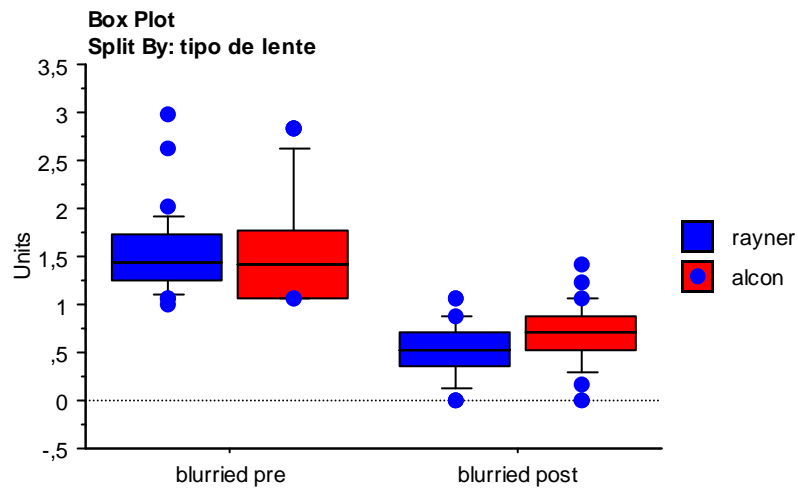
## **Blurred**

El cálculo de la longitud del vector o *Blurred* nos da una información global de la borrosidad con la que el paciente ve.

Los valores obtenidos son los mismos para el cálculo con notación cilíndrica en positivo o negativo.

Observaremos si hay diferencias entre los valores pre y postoperatorios





**Unpaired t-test for blurred pre**  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon	,001	61	,008	,9939

**Group Info for blurred pre**  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	1,561	,175	,418	,074
alcon	31	1,560	,322	,568	,102

No existen diferencias en los valores medios de blurred preoperatorios de 1,561 y 1,560

**Unpaired t-test for blurred post**  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon	-,159	61	-1,998	,0502

**Group Info for blurred post**  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,503	,089	,298	,053
alcon	31	,661	,110	,332	,060

Existe un claro descenso en el *blurred* global entre el preoperatorio y el postoperatorio, demostrando así la eficacia de las lentes tóricas en el control del astigmatismo final.

Observamos una diferencia de 0,16u. a favor de las T-571 en los valores postoperatorios.

Como hicimos con anterioridad desglosaremos en dos grupos en función del valor de astigmatismo preoperatorio, para ver si es la diferencia de la corrección para valores altos por el menor rango de dioptrías de cilindro en las lentes SN60T3,4,y 5 la responsable

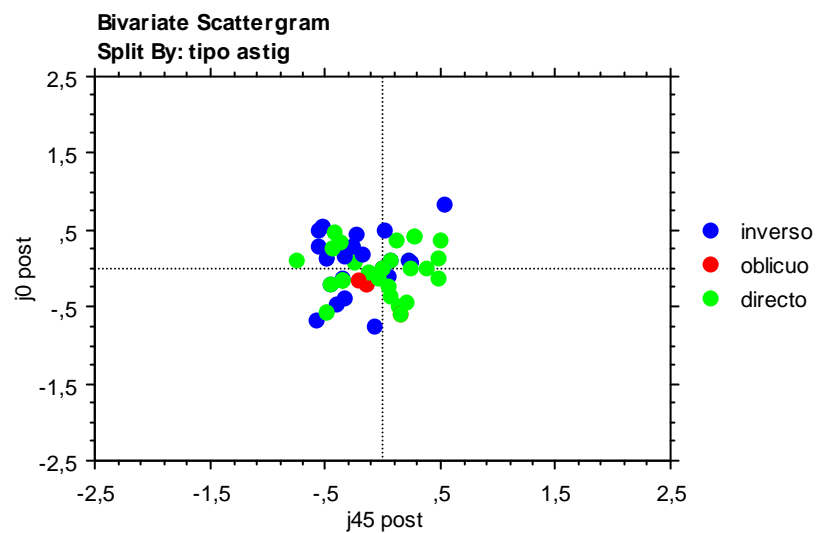
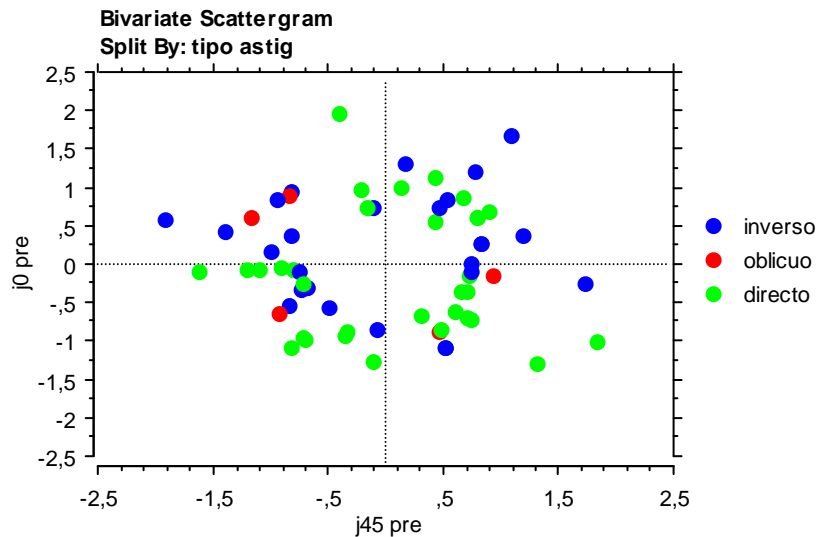
**Unpaired t-test for blurred post**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Split By: astig 1,5-2,75-4**  
**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon: Total	-,159	61	-1,998	,0502
rayner,alcon: 1,5-2,74	-,075	51	-,903	,3709
rayner,alcon: 2,75-4	-,429	8	-2,136	,0652

**Group Info for blurred post**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Split By: astig 1,5-2,75-4**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner: Total	32	,503	,089	,298	,053
rayner: 1,5-2,74	29	,500	,092	,303	,056
rayner: 2,75-4	3	,530	,094	,306	,177
alcon: Total	31	,661	,110	,332	,060
alcon: 1,5-2,74	24	,575	,088	,296	,060
alcon: 2,75-4	7	,960	,082	,286	,108

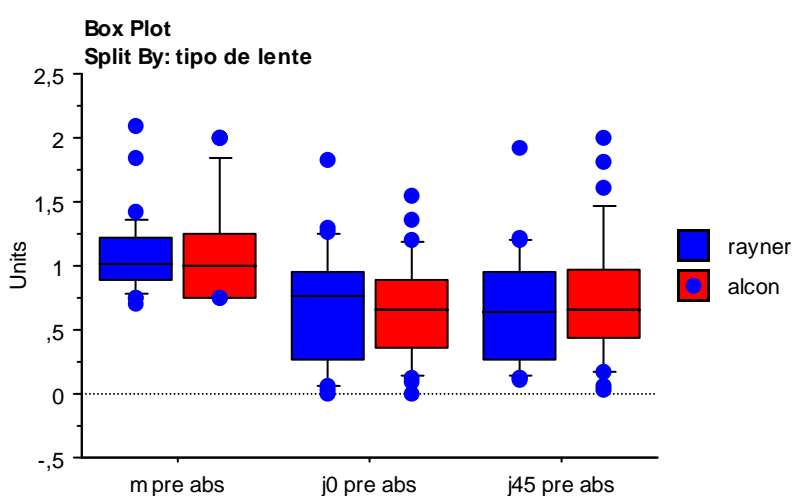
Nuevamente es la falta de rango dióptrico superior (obsérvese que todos los valores son aproximados a 0,5 excepto “alcon: 2,75 – 4” = 0,96) la que origina la diferencia, aunque no sea estadísticamente significativa, ni clínicamente relevante observada en conjunto.



No apreciamos asociación con el tipo de astigmatismo si lo diferenciamos por ser directo, inverso u oblicuo.

## 5.3 ANÁLISIS VECTORIAL CON NOTACIÓN CILÍNDRICA EN NEGATIVO.

Valores medios de m pre y j0 y j45 prequirúrgicos (en términos absolutos) para cálculos con cilindro en negativo.



Unpaired t-test for m pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	,001	61	,008	,9939

Group Info for m pre abs  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	1,104	,088	,296	,052
alcon	31	1,103	,161	,401	,072

Los valores de **m prequirúrgicos** son coincidentes con los obtenidos en notación cilíndrica positiva (son los mismos).



**Unpaired t-test for j0 pre abs**

**Grouping Variable: tipo de lente**

**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	,019	61	,181	,8572

**Group Info for j0 pre abs**

**Grouping Variable: tipo de lente**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,680	,201	,448	,079
alcon	31	,660	,158	,397	,071

No se aprecian diferencias en los valores medios del componente **j0 prequirúrgico** para ambos grupos muestrales era de 0,680.

**Unpaired t-test for j45 pre abs**

**Grouping Variable: tipo de lente**

**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,072	61	-,619	,5379

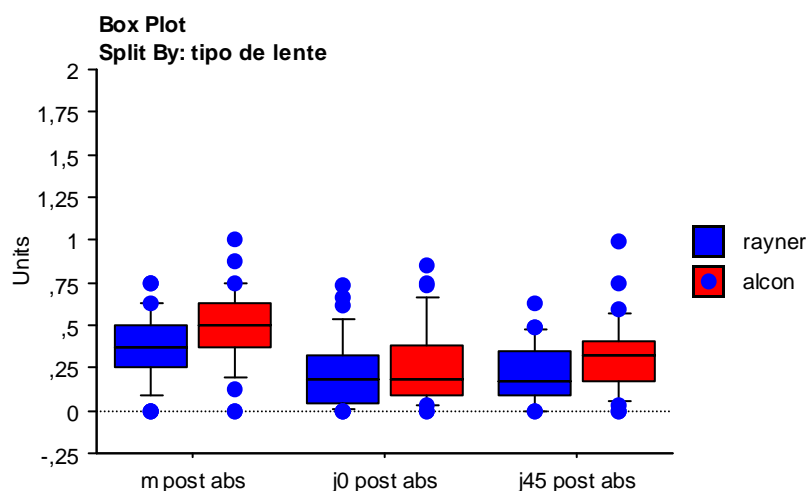
**Group Info for j45 pre abs**

**Grouping Variable: tipo de lente**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,676	,196	,443	,078
alcon	31	,748	,232	,482	,087

Los valores de **j45 medios prequirúrgicos** fueron de  $0,676 \pm 0,443$  para el grupo de LIOs Rayner T-571 y de  $0,748 \pm 0,482$  para el grupo de LIOs Alcon SN60TT. Sin que la diferencia inicial de -0,072 Dioptrías a favor del grupo T-571 sea estadísticamente significativa.

**Valores medios de m, j0 y j45 postquirúrgicos (en términos absolutos) para cálculos con cilindro en negativo.**



Unpaired t-test for m post abs  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon	-,112	61	-1,998	,0502

Group Info for m post abs  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,355	,044	,211	,037
alcon	31	,468	,055	,235	,042

Existe una diferencia media en el componente **m postquirúrgico** de 0,11 D a favor la lente Rayner T-571 no estadísticamente significativa (La misma que obtuvimos para los cálculos con notación cilíndrica positiva expresados previamente).

**Unpaired t-test for j0 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,041	61	-,741	,4617

**Group Info for j0 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,225	,044	,209	,037
alcon	31	,267	,055	,235	,042

No observamos diferencias entre los **valores medios postoperatorios de j0**. Rayner T-571=  $0,225 \pm 0,209$  y SN60Tx=  $0,267 \pm 0,235$ .

**Unpaired t-test for j45 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**  
**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	-,100	61	-2,015	,0483

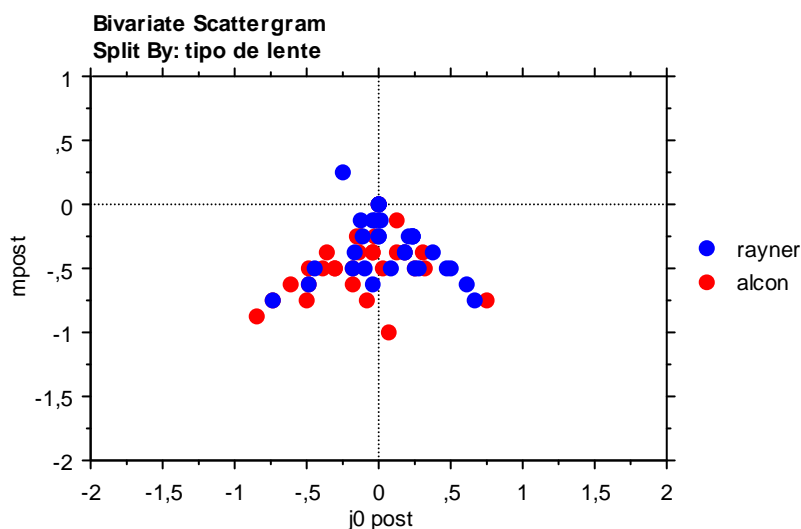
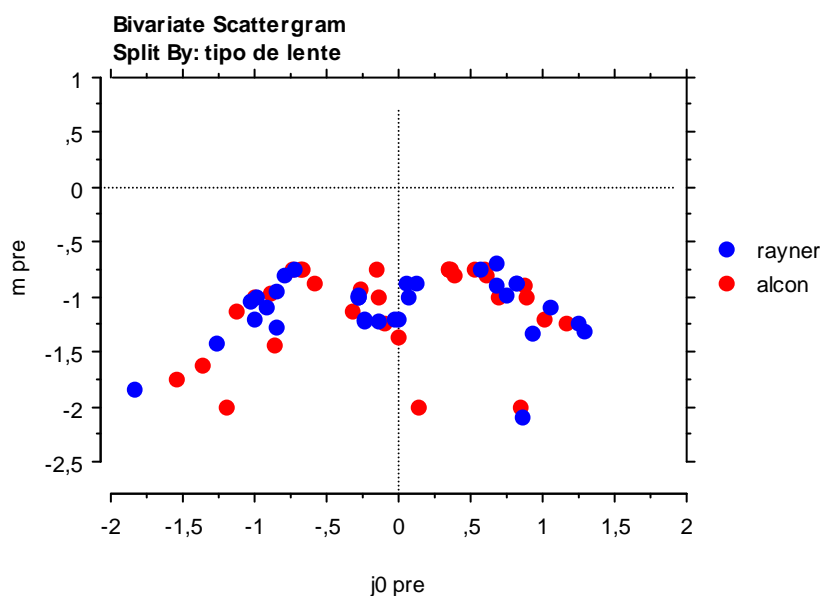
**Group Info for j45 post abs**  
**Grouping Variable: tipo de lente**

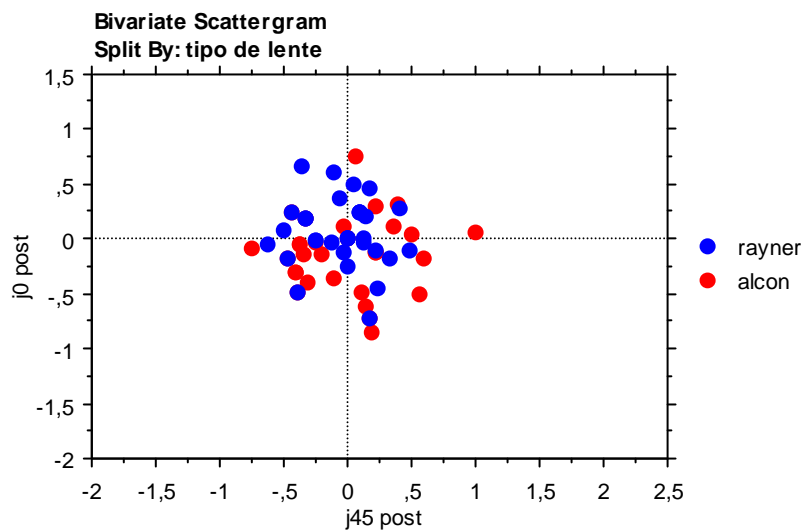
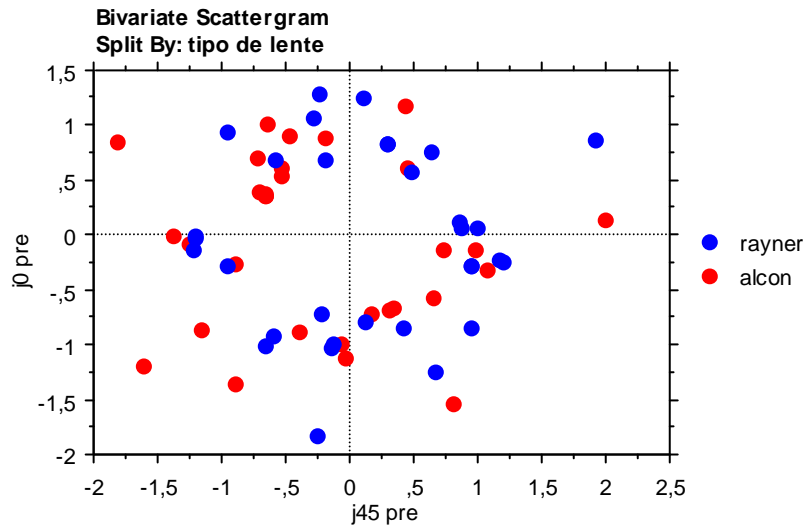
	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,218	,030	,173	,031
alcon	31	,318	,048	,219	,039

Observamos diferencias estadísticamente significativas entre los **valores medios postoperatorios de j45**. Rayner T-571=  $0,218 \pm 0,173$  y SN60Tx=  $0,318 \pm 0,219$ . Aunque una diferencia de 1 décima de Dioptría es clínicamente irrelevante en nuestra opinión.

Como hemos expresado con anterioridad creemos que la diferencia en estos valores a favor de la T-flex 571 Rayner se debe a la existencia de mayores valores de cilindro disponibles comercialmente que para los modelos de Alcon SN60Tx; en el grupo de SN60Tx los ojos con más de 2 D

recibían todos T5 y además se añadía el efecto incisional sobre el eje más curvo para aumentar la reducción del astigmatismo. Alcon incorporó con posterioridad un mayor rango de potencias tóricas disponibles desde T6 a T9 que en los valores mayores de astigmatismo corneal previo hubiesen conseguido mayor reducción previsible del astigmatismo refractivo final.





En los diagramas de dispersión de los valores de componentes vectoriales agrupados por parejas observamos cómo se produce un agrupamiento de valores para las dos casas comerciales y para los 3 componentes alrededor de 0.

En el grupo de T-571 el 90,62 % de los valores de  $j_0$  postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$  y el 96,87 % de los valores de  $j_{45}$  postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$ .

En el grupo de SN60TT el 87,09 % de los valores de j0 postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$  y el 87,09% de los valores de j45 postquirúrgicos se encontraban entre  $\pm 0,5D$ .

Todos los valores de j0 y j45 postoperatorios para los dos grupos estaban dentro de  $\pm 1 D$ .

También debemos tener en cuenta otro factor como el posicionamiento incisional en ambos grupos. En el grupo de lentes tóricas Alcon SN60Tx se asumió un SIA de 0,3 y se realizó la incisión principal de 2'75 mm sobre el eje más curvo. Fue realizado para asociar el efecto anastigmático incisional al de la propia lente, ya que en astigmatismos  $>2,5D$  SN60T5 no corregía hasta emetropía aunque sí lograba una importante reducción del astigmatismo previo.

En el grupo de lentes Rayner se asumió un SIA de 0,25 y se realizaron todas las cirugías con la incisión principal entre 130º y 140º.

Dado que la fórmula de elección de la LIO calcula el eje de posicionado y la potencia de lente en función de estos parámetros para ambas casas, no debería suponer diferencias<sup>153,154</sup>.

## 5.4 RESULTADOS PARA AGUDEZA VISUAL FINAL CON CORRECCIÓN.

Unpaired t-test for AVcc final  
Grouping Variable: tipo de lente  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	,013	61	,424	,6731

Group Info for AVcc final  
Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	,912	,011	,107	,019
alcon	31	,900	,016	,126	,023

Comparando los niveles de agudeza visual con corrección final entre ambos grupos no observamos diferencias. Tampoco si realizamos el desglose por valores de astigmatismo entre 1,5 - 2,749 y 2,75 – 4.

Unpaired t-test for AVcc final  
Grouping Variable: tipo de lente  
Split By: astig 1,5-2,75-4  
Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon: Total	,013	61	,424	,6731
rayner,alcon: 1,5-2,74	-,018	51	-,584	,5618
rayner,alcon: 2,75-4	,152	8	1,840	,1031

Group Info for AVcc final  
Grouping Variable: tipo de lente  
Split By: astig 1,5-2,75-4

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner: Total	32	,912	,011	,107	,019
rayner: 1,5-2,74	29	,907	,012	,110	,020
rayner: 2,75-4	3	,967	,003	,058	,033
alcon: Total	31	,900	,016	,126	,023
alcon: 1,5-2,74	24	,925	,013	,115	,024
alcon: 2,75-4	7	,814	,018	,135	,051

## 5.5 ROTACIÓN-MAL ALINEADO

### Unpaired t-test for rot 1 se

Grouping Variable: tipo de lente

Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon	,330	61	,448	,6561

### Group Info for rot 1 se

Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	2,781	11,983	3,462	,612
alcon	31	2,452	4,989	2,234	,401

El mal alineamiento del eje de la lente con respecto al eje buscado medio a la semana de la cirugía es de  $2,78 \pm 3,46$  grados en lentes Rayner y  $2,45 \pm 2,23$  en lentes Alcon. Hemos encontrado dos valores más alejados de la posición buscada en la lente Rayner, uno de ellos  $12^\circ$ , En el caso de lentes Alcon todos los valores están por debajo de  $10^\circ$ .

La diferencia media de rotación es de 0,33 grados sin ser estadísticamente significativa.  $P=0,66$

### Unpaired t-test for rot 1m

Grouping Variable: tipo de lente

Hypothesized Difference = 0

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner, alcon	,575	61	,734	,4656

### Group Info for rot 1m

Grouping Variable: tipo de lente

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	3,188	13,319	3,649	,645
alcon	31	2,613	5,845	2,418	,434

La rotación al mes es 0,57 grados mayor en el grupo de Rayner sin diferencias estadísticamente significativas. La rotación media es de  $3,18 \pm 3,65$  grados en las lentes de Rayner y de  $2,61 \pm 2,42$  en las de Alcon.



**Unpaired t-test for rot 6m**

**Grouping Variable: tipo de lente**

**Hypothesized Difference = 0**

	Mean Diff.	DF	t-Value	P-Value
rayner,alcon	,479	61	,600	,5505

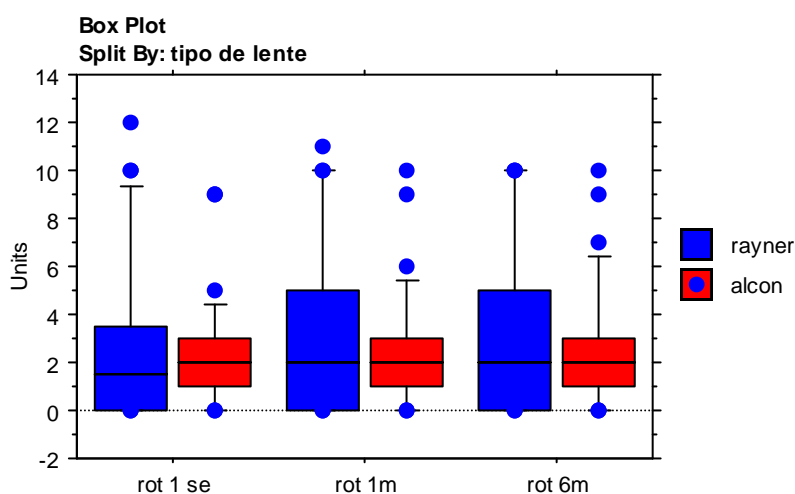
**Group Info for rot 6m**

**Grouping Variable: tipo de lente**

	Count	Mean	Variance	Std. Dev.	Std. Err
rayner	32	3,156	13,297	3,647	,645
alcon	31	2,677	6,626	2,574	,462

La rotación a los seis meses es de  $3,15 \pm 3,64$  grados en Rayner y  $2,68 \pm 2,57$  en las Alcon, con menor rotación (0,48 grados) en el grupo de Alcon  $p=0,55$ .

No hay diferencias casi en ningún valor entre la rotación a 1 y 6 meses. Los valores de rotación media por lo tanto son casi superponibles.



A los 6 meses el 87% de las SN60T habían rotado menos de  $5^\circ$  y el 100% menos de  $10^\circ$ . En el caso de las lentes 571-T el 78,13% rotaron menos de  $5^\circ$  y el 100% menos de  $10^\circ$ .

En nuestro estudio no hemos realizado ningún explante o rotación reposicionando la lente postquirúrgicamente<sup>155</sup>.

De forma peroperatoria, en un caso, no se realizó un implante con lente Rayner por la ruptura de un háptico en el plegado-inserción de la misma, practicándose su extracción y, al no disponer de recambio, se implantó una lente no tórica esférica en saco según la técnica habitual. No se encontró dificultad añadida en la técnica de explante con respecto a lentes acrílicas de uso habitual realizando un corte en la óptica de la lente con tijera desde la incisión. La visión final del paciente requirió una corrección con cristales -2.25 x95º.

## 6. DISCUSIÓN

## **DISCUSIÓN**

### **Discusión sobre materiales y método.**

El tamaño muestral es insuficiente para determinar diferencias entre ambas lentes con mayor precisión. El tamaño muestral empleado es el que nos obliga la disponibilidad de medios.

#### ▪ **Aleatorización:**

Aunque la aleatorización por supuesto mejora la obtención de las muestras, creemos que el no haberla empleado en nuestro trabajo no supone un sesgo elevado, ya que los criterios de inclusión fueron respetados y la posibilidad de incluir astigmatismos con diferente comportamiento o cuantía por variar en el tiempo en su inclusión nos parece escasa.

#### ▪ **Medición de las variables:**

La medición del astigmatismo pre- y postoperatorio con **autorrefractómetros** sin calibrado frecuente puede suponer un sesgo en la medición.

A pesar de la aumentada precisión en la **medición biométrica** por las nuevas técnicas ópticas IOL master, Lensmeter... es conocido que siguen sin alcanzar la idoneidad en especial en ojos con estafiloma o con características extremas de longitud axial, los futuros biómetros en desarrollo nos ayudarán, aun más, a optimizar nuestros resultados refractivos en la cirugía de la catarata<sup>156</sup>.

Creemos que varios factores influyen en el desalineado de la lente siendo el principal de ellos el **posicionado de la lente al final de la cirugía**<sup>157</sup>. Por distintos motivos:

- El marcado con tinta corneal es grosero, debemos encontrar un sistema de marcado más preciso<sup>158</sup>.
- La imprecisa alineación del ojo y el eje visual del microscopio pueden producir desplazamientos laterales del centrado de la lente con respecto al meridiano corneal que nos pueden hacer pensar en la correcta posición aun cuando esto no sea realmente así.
- El material viscoelástico retenido en el saco tras implantar la LIO. Provoca picos hipertensivos en el postoperatorio y puede estar desplazando la lente de la posición definitiva creando la falsa sensación de alineado con el meridiano corneal al final de la cirugía. Hemos sido especialmente cuidadosos en la eliminación del mismo con unos valores de vacío y aspiración del terminal de irrigación aspiración menores de lo habitual y con maniobras de levantamiento de la lente, asistidos con espátula de Pissacano para aspirar entre la cara posterior de la lente y el saco; lo que nos hace pensar que ésta no sea causa de mal alineamiento de la lente en nuestro trabajo.
- Tras la extracción del material viscoelástico la fricción entre saco y óptica y hápticos de la lente aumenta haciendo más difícil el reposicionamiento en caso de rotación con la irrigación del terminal. En caso de producirse ésta rotación debe girarse en sentido horario la lente, de lo contrario la lente se pliega sobre los codos de los hápticos dando la falsa sensación de alineamiento con el meridiano corneal.

Han aparecido diferentes herramientas en los dos o tres últimos años para el control del eje de la lente durante el implante y en el postoperatorio buscando valorar de forma más precisa la rotación. Un ejemplo reciente es el sistema **SMI surgery guidance™**. Basado en un sistema fotográfico con sobreimpresión de imágenes del astigmatismo previo a la cirugía y para controles posteriores; y un sistema unido al microscopio quirúrgico que proyecta las marcas en los visores del binocular para mejorar el centrado de la rexis capsular y de la lente, así como el alineado de las marcas guía del astigmatismo.

También han aparecido nuevas aplicaciones matemáticas para conocer en función del astigmatismo residual postimplantación de la lente cuántos grados debemos rotar y en qué sentido<sup>159</sup> para buscar la emetropía, en casos de mal alineamiento o rotaciones postoperatorias (p.e.: [www.recalculatortoric.com](http://www.recalculatortoric.com)).

## **Discusión de resultados.**

Por sexos encontramos una diferencia en el reparto de sexos entre ambas muestras: 28,1% de hombres y 71,9% de mujeres en el grupo Rayner y 42% hombres y 58 % mujeres para el grupo Alcon. Dado que no existen diferencias conocidas para la cuantía de astigmatismo, ni cambios en el comportamiento corneal entre sexos no consideramos que ejerza ningún sesgo sobre los resultados.

### ▪ **Predictibilidad**

En nuestra muestra para cada grupo, en los diagramas de dispersión de los valores de componentes vectoriales agrupados por parejas, observamos cómo se produce un agrupamiento de valores para las dos casas comerciales y para los 3 componentes alrededor de 0.

Es importante resaltar que dado que el vector poder se compone de tres valores (a,b,c) en nuestro caso (m, j0, j45) los diagramas aportados en los diferentes estudios publicados no aportan toda la información necesaria al no valorar el componente m en el conjunto del vector, por lo cual hacen falta como mínimo dos diagramas de dispersión (o uno tridimensional) para informar del agrupamiento de valores alrededor de 0. En nuestro caso hemos empleado (m pre, j0 pre) (m post, j0 post) y (j0 pre, j45 pre) y (j0 post, j45 post).

Un dato muy importante es realizar los cálculos para m, j0 y j45 en valores absolutos, puesto que de lo contrario los valores de signo contrario se restarán entre sí disminuyendo y falseando el valor medio final.

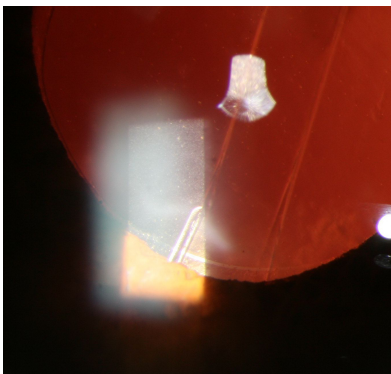
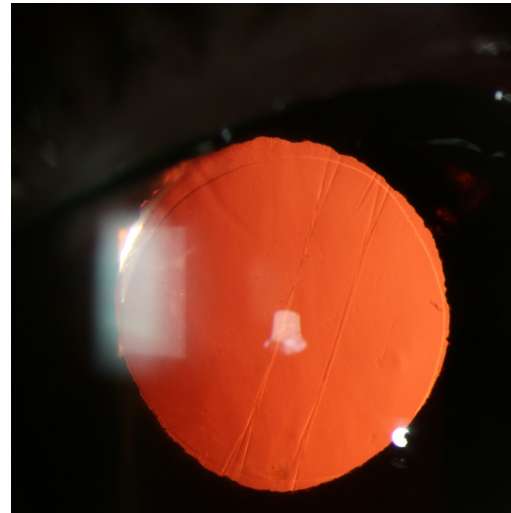
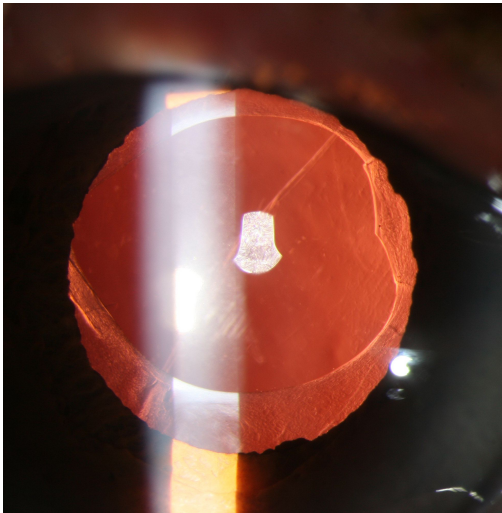
Como hemos observado en nuestros resultados, ambas lentes presentan una predictibilidad muy elevada para la corrección del astigmatismo moderado. Las diferencias observadas o han sido de escasa cuantía e irrelevantes o hemos aclarado que tenían origen en el insuficiente rango dióptrico en el toro de las lentes SN60Tx cuando solo estaban comercializadas hasta T5.

Ambos modelos de LIO se han mostrado muy fiables en la corrección del astigmatismo, como se observa en las buenas agudezas visuales obtenidas para visión lejana, en las bajas refracciones postoperatorias y en la baja tasa de complicaciones asociadas a su empleo.

Ambos modelos de lente, a pesar de la diferencia en el diseño de sus hápticos, han mostrado una estabilidad rotacional excelente con rotaciones medias menores a 5 grados en ambas a los 6 meses. ( $3,15 \pm 3,64$  grados en Rayner y  $2,68 \pm 2,57$  en las Alcon)

Destacaremos como pequeña diferencia que las marcas que señalan el eje en el cuerpo de la óptica de la lente Rayner son menos evidentes que los círculos de las SN60Tx, especialmente si hay pliegues en el saco.





Lente Rayner 571. Dificultad para identificar marcas por opacidad capsular anterior (arriba izquierda), por pliegues capsulares (arriba derecha). Detalle de la marca (izquierda).

Existen otros métodos de análisis del astigmatismo como el método vectorial de Alpíns o el de Holladay-Cravy-Koch, pero el método de Thibos es el más extendido en la literatura oftalmológica, muy probablemente por su mayor sencillez de comprensión. Langenbucher realiza la revisión de métodos y matrices de cálculo de astigmatismo<sup>160,161,162</sup>.

Alfonso y cols. del Instituto Oftalmológico Fernández-Vega de Oviedo presentan varios estudios acerca de astigmatismo residual empleando el método del vector poder de Thibos para su análisis. Alfonso y cols.<sup>163</sup> realizan un estudio con lentes fáquicas tóricas de copolímero de colágeno (Starr) para el astigmatismo moderado en el miope alto sobre 55 ojos : En ellos la esfera media fue de  $-4.65D \pm 3.02$  sd (rango de -0.5 a -12.5D) y el cilindro medio  $-3.03 \pm 0.79$  D (rango -1.25 a -4D); las

conclusiones fue que era un método altamente predecible para corregir el equivalente esférico ( $r^2 = 0.99$ ) y los componentes astigmáticos J0( $r^2 = 0.97$ ) y J45( $r^2 = 0.99$ ). De los ojos el 94% se encontraban entre  $\pm 0.50D$  de equivalente esférico postoperatorio y todos dentro de  $\pm 1D$ . Para J0, 94.5% entre  $\pm 0.50D$  y para J45, 98.2% entre  $\pm 0.50D$ . No encuentra diferencias entre las diferentes visitas de seguimiento para los pares de M, J0 y J45. La media de rotación estaba entre 1 y 2.5° en todas las visitas postoperatorias. El 91% estaba dentro de los  $\pm 5^\circ$  y en  $\pm 10^\circ$  el 96.4%.

Alfonso y cols.<sup>164</sup> realizan el mismo diseño de estudio sobre doce pacientes con elevado astigmatismo miópico: esfera media fue de  $-1.98D \pm 1.32$  sd (rango de  $-0.5$  a  $-5.5D$ ) y el cilindro medio  $-4.85 \pm 0.83$  D (rango  $-6.50$  a  $-4D$ ); las conclusiones fue que era un método altamente predecible para corregir los componentes astigmáticos J0( $r^2 = 0.98$ ) y J45( $r^2 = 0.98$ ). Para J0, 93.3% entre  $\pm 1D$  y para J45, 100% entre  $\pm 1D$ .

Destacaremos que en ambos trabajos aportan una fórmula para el cálculo de B *blurred* errónea en un signo negativo que debería ser positivo. No conocemos si solo se trata de un error de transcripción o han realizado los cálculos siguiendo dicha fórmula.

Holland y cols.<sup>165</sup> presentan un estudio multicéntrico aleatorizado con doble enmascaramiento y grupo control de un año de seguimiento; comparando Acrysof tórica T3, T4 y T5 y la Acrysof esférica en su estabilidad rotacional sobre 517 pacientes (256 tórica , 261 control). El cilindro refractivo medio residual fue 0.59D par el grupo de la tórica y 1.22 para el grupo control. La rotación media fue  $<4^\circ$  para las tóricas. La independencia del empleo de gafas fue 61% en el grupo de tóricas y de 36.4% en el grupo control. Los criterios de inclusión de astigmatismo eran

mayor o igual 0.75D a favor de la regla u oblicuo; o mayor o igual a 1D en contra de la regla.

Mingo-Botín y cols.<sup>166</sup> en el Hospital Ramón y Cajal realizan un estudio comparativo entre LIOs tóricas Acrysof toric y esférica Acrysof Natural asociada a IRL, documentando como el astigmatismo refractivo desciende en ambos grupos, pero el implante de LIO tórica es más predecible, conllevando una mayor independencia del empleo de gafa para visión lejana. Encuentra un valor medio de astigmatismo residual de  $0.61 \pm 0.41$ D para las tóricas y  $1.32 \pm 0.60$ D para las IRLs ( $p < 0.1$ ) (Analiza el astigmatismo con el método de Thibos y Horner)

Los valores del vector para el grupo de tóricas están entre  $\pm 0.5$ D para M en el 90%, para el 100% de J0 y en el 90% para J45. Para el grupo de IRL están entre  $\pm 0.5$ D en 75% M, 45% J0 y el 90% J45.

Encuentran un descenso en B (*Blurried*) para ambos grupos de  $2.32 \pm 1.07$ D (tóricas) y  $2.27 \pm 1.3$ D (IRL) a  $0.42 \pm 0.25$ D y  $0.77 \pm 0.36$  D respectivamente, encontrando diferencias significativas en el descenso entre ambos grupos, que se atribuyeron al cambio astigmático, ya que no existían en B iniciales.

La rotación media medida con lámpara de hendidura y fotografía asistida por software fue  $3.65 \pm 2.96$  grados (sin encontrar diferencias significativas entre ambos métodos de medida  $p = 0.999$ ,  $p < 0.1$ ))

Dardzhikova A. y cols.<sup>167</sup> presentan sus resultados sobre 111 ojos para una media preoperatoria de cilindro -1.25 D respecto a -0.32D postoperatorio para la lente AcrySof toric T3, T4 y T5. A los seis meses el

95.5% de las lentes se encuentran dentro de los 10° alrededor del eje planificado de implantación.

Mendicute y cols.<sup>168</sup> realizan un estudio comparativo entre lentes tóricas e incisiones opuestas en córnea clara encontrando leves diferencias a favor de las lentes tóricas , en un grupo de 40 ojos con más de una dioptría de astigmatismo corneal prequirúrgico. Refiere que en el grupo de las tóricas se encuentran entre  $\pm 0,5D$  el 95% de los ojos para  $j0$  y el 100% para  $j45$ , mientras en el grupo de OCCI eran de 70% y 100% respectivamente.

Ernest y Potvin<sup>169</sup> evalúan si el efecto de las lentes tóricas sobre astigmatismos de escasa cuantía ( $<1.50D$ ) tiene relevancia y su asociación a la orientación con o contra la regla, concluyendo que la media de astigmatismo refractivo postquirúrgico fue significativamente menor en el grupo que se implantó lente tórica  $0.31D$  (185 ojos) respecto a aquellos con lentes esféricas  $1.06 D$  (138 ojos),  $p<0.001$ ) y que no influyó la orientación con o contra la regla del astigmatismo preoperatorio en el astigmatismo refractivo postquirúrgico. Es un estudio retrospectivo que no emplea análisis vectorial en la obtención de sus resultados.

Hun Kim y cols.<sup>170</sup> evalúan la eficacia a largo plazo y la estabilidad rotacional para Acrysf tórica en un estudio prospectivo de 30 ojos de 24 pacientes consecutivos en los que se realizó cirugía de catarata micro-coaxial . 73% de pacientes poseían una mejor visión no corregida superior o igual a 20/25. Los valores queratométricos no mostraron diferencia con respecto al valor preoperatorio. El astigmatismo refractivo preoperatorio  $-1.28\pm 0.48D$  se redujo a  $-0.28\pm 0.38 D$ . La rotación media al final del seguimiento fue de  $3.45 \pm 3.39$  grados. Sólo un ojo (3.3%) mostró una

rotación superior a 10°. Para medir la rotación emplean el software ImageJ (disponible en: <http://rsb.info.nih.gov/ij/>) distribuido por el National Institutes of Health. El mismo que hemos empleado en nuestro estudio.

Como crítica no emplea análisis vectorial, sino valores absolutos de astigmatismo, las variaciones en el eje del astigmatismo no pueden realizarse como simples sumas o restas.

Comunicaciones empleando lentes tóricas Rayner son escasas, Entabi<sup>171</sup> y cols. en 2011 presentan una serie de 25 casos en pacientes con 2 o más dioptrías de astigmatismo corneal, emplean para su análisis el método vectorial de Holladay-Cravy-Koch. Encuentran una reducción desde  $3.98 \pm 1.89$  D iniciales de astigmatismo corneal previo a  $0.95 \pm 0.66$  D refractivo postquirúrgico. También aportan un mal alineado con el eje buscado final medio de 3.4 grados en un rango de 0 a 12.

De igual modo el grupo del Hospital Clínico Universitario de Zaragoza presentamos en 2006 en el congreso de la SECOIR nuestros primeros 5 implantes de Rayner 571T con muy buenos resultados y en el libro de Cristobal y cols. Corrección del Astigmatismo se presenta un capítulo sobre las características, manejo y expectativas de dicha lente<sup>172</sup>.

## ▪ **Rotación**

En la medición del mal posicionado del eje de la LIO tórica con respecto al deseado influyen diferentes aspectos:

- El error asumido por las mediciones del biómetro y/o queratómetro (influidos por su calibración, la película lagrimal, el técnico...)
- El posible error en la estimación de la potencia de la lente al elegir entre las posibles disponibles<sup>173</sup>.
- El error al realizar el marcado corneal en la cirugía<sup>174,175,176</sup>
- El error en el posicionado quirúrgico final<sup>177,178,179</sup>: Influido por el material viscoelástico, las condiciones del propio saco capsular y del diseño de la lente y la visión de los ejes desde el microscopio<sup>180,181,182</sup>.
- El error que asumimos al medir sobre las fotos de control y su inclinación respecto a un plano frontal<sup>183,184,185,186,187</sup>.

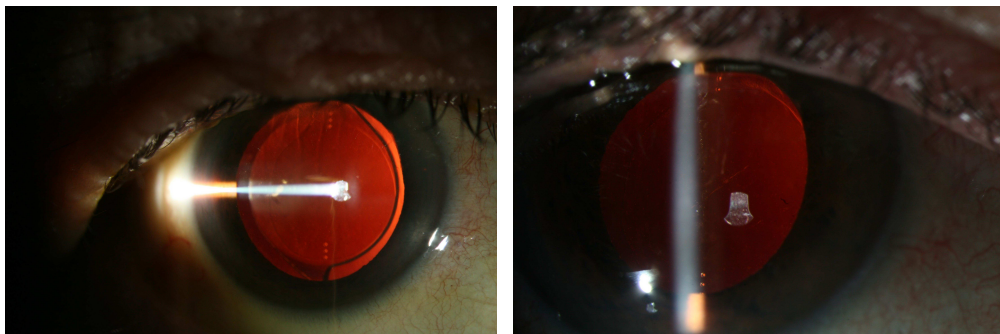
A pesar de todos estos condicionantes y muchos otros de los que no hemos hecho referencia, los resultados refractivos y de agudeza visual obtenidos y la independencia del uso de gafas convierten a las lentes tóricas en una de las opciones más eficaces y más sencillas, (en mi opinión la mejor en la actualidad), para los pacientes con catarata y astigmatismo moderado o elevado.

Para solucionar los distintos errores de marcado, posicionado, medición postoperatoria se han propuesto diferentes soluciones ya referenciadas<sup>188</sup>.

### **Estabilidad rotacional.**

Observamos que tras la primera semana prácticamente no se producen cambios en el eje de la lente en los controles fotográficos y en la inmensa mayoría son menores a 3-4 °, coincidiendo con distintas publicaciones previas<sup>189,190,191</sup>.

El sistema de medida y la posición del eje visual con respecto a la captura fotográfica influyen claramente en la estimación de los grados en que se posiciona la lente<sup>192,193</sup>. En alguna serie observamos en la misma visita ligeras variaciones en la medida dentro de fotos consecutivas.



La inclinación del ojo con respecto al plano frontal en la fotografía hace parecer diferente el eje de la lente en el mismo control.

El diseño de los hápticos de la LIO es muy importante cuando estamos tratando de prevenir la rotación postoperatoria de la lente. A lo largo del tiempo la cápsula se contrae para encerrar y fijar la lente, sin embargo cuando esta contracción ocurre existe una potencial rotación. Para prevenir la rotación inmediata es importante maximizar al máximo la fricción entre los hápticos de la LIO y el saco capsular. Una Lente de PMMA crea la máxima fricción, seguidas de las acrílicas y por último las de silicona. A menor tamaño relativo de la lente con respecto al saco menor contacto existe entre ambas, por tanto menor fricción y más riesgo de

rotación. Si la LIO es demasiado grande en relación al saco habrá distorsión y arrugado del saco. Varios estudios han encontrado una relación entre la longitud axial y el diámetro del saco, derivándose en una fórmula de cálculo a partir de la longitud axial y el poder refractivo corneal.

Lentes con Hapticos plato<sup>194</sup>: Han demostrado excelente estabilidad a largo plazo (Chang<sup>195</sup>), No tienen preferencia en el sentido de la rotación, pudiendo hacerlo en ambos sentidos. Comparada con los hápticos en loop abiertos no son tan susceptibles de los efectos de compresión sacular. Los agujeros que disponen para su posicionamiento permiten el paso de las células epiteliales del cristalino fijando, anclando la lente en posición. Cuanto más grandes son estos orificios más material epitelial puede migrar mejorando la fijación.

De este tipo son: (destacaremos solo algunas de las más conocidas en nuestro medio)

STAAR 4203TF&TL y STAAR 4203TF<sup>196</sup> La primera tórica en comercializarse, aprobación FDA en 1998 biconvexa, silicona. Una vez fijada gran estabilidad, frecuente rotación en periodo postoperatorio precoz 24% rotaban más de 10º, 12% más de 20º y 8% más de 30º. Se creó una versión de mayor tamaño STAAR 4203TL dándole más fricción, disminuyendo los porcentajes de rotación<sup>197</sup>.

AT-Torbi 709M (Carl Zeiss Meditec)

Lentis Tplus LU 313-T (Occulantis)



Lentes con Hápticos en C o L abiertos =open loop-haptic<sup>198</sup>:

SN60T (3,4,5,6,7,8,9)

Tórica-S (Human Optics)

Lentes con Hápticos en C fenestrados = closed loop-haptic

Rayner T-flex Toric IOL 573T y 673T : lente monobloque acrílica con hápticos en C cerrados y sistema anti-vaulting, disponiblen dos tamaños 573T: 5.75 mm de óptica y 12 mm de hápticos y la 673 6.25 mm de óptica y 12.5mm de hápticos.

Akreos toric IOL

Son lentes de mayor tamaño que las de tipo plato, aportándoles buena fricción inicial. La doble inserción del *Loop* sobre la óptica le aporta mayor resistencia a la compresión por retracción capsular. La fenestración en el háptico permite la migración de las células epiteliales cristalinas aportándole mayor estabilidad a largo plazo.

Estas características que teóricamente deberían mejorar la estabilidad en la lente con respecto a los hápticos en L modificada Stableforce de Acrysof son el motivo principal de nuestro estudio<sup>199</sup>.

Existe una relación sinusoidal entre la cantidad de desalineamiento y el poder cilíndrico residual, es por ello que pequeños desalineamientos causen pérdidas de efecto cilíndrico desproporcionadamente altos. Si una corrección cilíndrica rota 30º del eje adecuado no habrá efecto en variar la magnitud del astigmatismo previo pero sí que habremos variado el eje del astigmatismo resultante<sup>200</sup>.

Se han descrito 4 mecanismos involucrados en la rotación post-implantación<sup>201</sup>: el primero por la fricción inicial de los hápticos contra el saco capsular y restos de material viscoelástico, el segundo por la inestabilidad de la cámara anterior por cambios en la presión intraocular y el trauma ocular, el tercero por el diseño de la LIO y la fibrosis, la cuarta es la compresión de los hápticos de la lente por la retracción del saco capsular.

En caso de un trauma postoperatorio con Seidel el riesgo de rotación aumenta. Dado que la fusión entre saco y lente se establece dentro de las dos primeras semanas, la revisión en la primera semana debe realizarse con dilatación para evaluar si hay un mal alineado y debe reposicionarse. Existe un caso descrito de fusión (Jin et al.)<sup>202</sup> entre las capsulas donde no pudo realizarse una reposición de la lente ante un refracción residual de +2.25 – 5x45 y donde una segunda LIO tórica fue implantada en sulcus como cilindro cruzado respecto al eje de la primera reduciendo significativamente el astigmatismo.

Las lentes tipo plato no poseen un eje de rotación preferencial y muestran buena estabilidad con la compresión del saco, las LIOs con hápticos en C abierta (se supone que la dirección de los hápticos es antihoraria) pueden rotar por efecto de la compresión capsular: si existe fricción entre los hápticos y la cápsula suficiente la óptica rotará dirección horaria; pero si no existe suficiente fricción entre hápticos y cápsula los hápticos se pliegan produciendo rotación antihoraria.<sup>203,204</sup>

El requerimiento más importante para que una lio esferocilíndrica neutralice el astigmatismo corneal preexistente es la estabilidad rotacional. Los resultados en estudios previos para lentes Acrysof toric

varían entre  $2.2 \pm 2.2$  grados<sup>205</sup> y  $3.63 \pm 3.11$  grados. Los estudios de igual modo demuestran que la rotación ocurre dentro del primer mes, sin encontrar variaciones a partir de dicho mes, probablemente como resultado de la fusión-unió capsular.

Sobre la rotación existen estudios evaluando si la limpieza de las células epiteliales cristalinas al final de la pseudofaquia influye sobre la rotación. Saldanha cols.<sup>206</sup> no encontraron diferencias precoces ni tardías sobre este hecho en un estudio realizado con Acrysof MA60BM (lente de tres piezas hápticos en C. En nuestro estudio se realizó limpieza de células epiteliales con el terminal de irrigación aspiración para Infiniti (ALcon) y parámetros de pulido capsular en todos los pacientes.

Philip y cols. analizan la estabilidad en la rotación para una lente Akreos (Bausch & Lomb) (en 107 pacientes) simulando un diseño tórico con fotografía. Obtienen una media de rotación entre el primer día y el 120-180 día de  $1.93 \pm 2.33$  grados; con el 96% de las lentes con menos de 5º de rotación y el 99% menos de 10º.

En su estudio Philip y cols. muestran la siguiente tabla comparativa de rotaciones entre los estudios previos con diferentes lentes y los métodos de análisis-medición de la rotación:

**Table 1.** Methods and findings of peer-reviewed evaluations of toric IOLs.

Study*/IOL Type	Eyes (Pt)	Follow-up	Analysis	Rotation (°) ± SD	Rotation
Shimizu <sup>10</sup> /Nidek Nt-98B	47 (47)	3 mo	Image, no correction for head tilt	Unknown	21% >30°
Grabow <sup>11</sup> /Staar 4203TF	81 (unknown)	6+ mo	Unknown	Unknown	5% ≥40°
Ruhswurm <sup>12</sup> /Staar 4203TF	37 (30)	20 ± 17 mo	SL protractor	Unknown	21.6% >5° 2.7% ≥40°
Sun <sup>5</sup> /Staar 4203TF	130 (99)	3 mo (106 eyes)	Unknown	Unknown	25% ≥20° 7% >40°
Leyland <sup>13</sup> /Staar 4203TF	22 (16)	4 mo	SL protractor	8.9 ± 11.6	22.0% >10° 13.6% >20° 9.0% >30°
Till <sup>14</sup> /Staar 4203TF and TL	100 (81) TF 63 TL 37	23 ± 17 wk	Image, no correction for head tilt	Unknown	14% >15°
Chang <sup>15</sup> Staar 4203TF	6 (4)	1 mo	SL	Unknown	50% ≥30°
Staar 4203TL	50 (37)	1 mo	SL	Unknown	28% >5° 10% >10° 2% >15°
Jampaulo <sup>16</sup> /Staar 4203TF and 4203TL	25 (19)	2.0 wk-26.2 mo	Image, no correction for head tilt	1.36 ± 1.85	100% ≤5°
Chang <sup>17</sup> Staar 4203TL & 4203TF	TL 80/TF 10	1 mo	SL protractor	5.56 ± 8.49	27.0% >5°
Alcon AcrySof SN60T	100	1 mo	SL protractor	3.35 ± 3.41	9.0% >10° 3.0% >15° 3.3% reposit 10.0% >5° 1.0% >10°
FDA trial <sup>1</sup> /Alcon AcrySof SN60T	244	6 mo	Unknown	3.4 ± 3.0	18.9% >5° 2.9% >10° 0.4% reposit
Weinand <sup>18</sup> /Alcon AcrySof SN60T	17	6 mo	Image, head rotation compensation	0.7 (range 0.1-1.8)	0% >5°
Bauer <sup>19</sup> /Alcon AcrySof SN60T	53 (43)	4 mo	SL vertical arm reading	3.5 ± 1.9	Unknown
Olaru <sup>20</sup> /Alcon AcrySof SN60T	32 (30)	2 mo	Unknown	Unknown	9% >5° 3% >30°
Mendicute <sup>21</sup> /Alcon AcrySof SN60T	30 (15)	3	SL beam axis	3.63 ± 3.11	19% >5° 3% >10°
Zuberbuhler <sup>22</sup> /Alcon AcrySof SN60T	44 (33)	1 wk-3 mo	SL-integrated eyepiece with axis measurement	2.2 ± 2.2	5% >5°
Dardzhikova <sup>23</sup> /Alcon AcrySof SN60T	111 (70)	6 mo	Unknown	Unknown	7.8% >5° 4.5% >10° 1.8% >20° 2 reposit
Mendicute <sup>6</sup> /Alcon AcrySof SN60T	20	3 mo	SL-integrated eyepiece with axis measurement	3.53 ± 1.97	5% >5°
Ruiz-Mesa <sup>24</sup> /Alcon AcrySof SN60T	32 (19)	6 mo	SL-integrated eyepiece with axis measurement	0.91 ± 1.77	3% >5°
De Silva <sup>25</sup> /MicroSII 6116TU	21 (14)	1 d-6 mo	SL graticule	5 (range 0-15)	0% >5°
Dick <sup>26</sup> /MicroSII 6116TU	68 (48)	3	Unknown	Unknown	15.0% >5° 1.5% >20°
Gerten <sup>27</sup> /Custom (Dr. Schmidt 600TW)	26 (24)	12-48	SL	Unknown	46% >5° 23% >10°

FDA = U.S. Food and Drug Administration; Pt = patients; reposit = repositioned; SL = slitlamp; Unknown = information not apparent from publication  
\*First author

Patel y cols.<sup>207</sup> compararon la rotación postoperatoria para LIOs tipo plato y las de hápticos en C (loops) esféricas para determinar cuál sería la plataforma ideal para una lente tórica; concluyen que las lentes tipo plato tienen mayor rotación que las de hápticos en C en el periodo

postoperatorio precoz, pero que las tipo plato son más estables una vez se han fusionado la capsula anterior y posterior. Las que poseen hápticos en C tienden a rotar antihorario tras dos semanas.

Nuestros valores de rotación son similares a los expuestos en series recientes con las mismas lentes.

## **7. CONCLUSIONES**

## **7. CONCLUSIONES.**

### **1ª CONCLUSIÓN**

Los dos modelos de lente estudiados son efectivos en la reducción del astigmatismo refractivo postquirúrgico, con una precisión similar entre ellas.

### **2ª CONCLUSIÓN**

Las lentes tóricas con hápticos en C fenestrados y las que poseen hápticos en L modificada no muestran diferencias superiores a cinco grados entre ambas en cuanto a la rotación a 1 semana, 1 mes y seis meses.

### **3ª CONCLUSIÓN**

Las lentes tóricas SN60Tx se han mostrado insuficientes en la corrección de los astigmatismos moderados más altos 2,75 a 4 D (a pesar de asociarles la incisión principal de la facoemulsificación en el eje más curvo);

Esta diferencia con respecto a las Rayner T-573 y 673 quedó subsanada tras la ampliación del rango dióptrico hasta T9 por parte de Alcon.

#### **4ª CONCLUSIÓN**

El empleo de notación negativa en el astigmatismo en el método de análisis vectorial de Thibos y Horner no supone diferencias en los resultados estadísticos obtenidos.

#### **5ª CONCLUSIÓN**

Los diagramas de dispersión de puntos, con los que se explica la reducción del astigmatismo total en el análisis vectorial de Thibos-Horner, deberían incluir los valores de  $m$  y no solo de  $j_0$  y  $j_{45}$  (creando dos parejas entre las tres variables o mediante una representación tridimensional). Esto nos aportaría una idea no solo del astigmatismo residual o de cómo se ha reducido el astigmatismo previo, sino de cómo la refracción final global se aproxima a la emetropía.



## **8. BIBLIOGRAFÍA**

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

---

<sup>1</sup> Talley-Rostov A. Patient-centered care and refractive cataract surgery.

Curr Opin Ophthalmol. 2008 Jan;19(1):5-9. Review.

<sup>2</sup> Findl O. Biometry and intraocular lens power calculation. Curr Opin

Ophthalmol. 2005 Feb;16(1):61-4. Review.

<sup>3</sup> Sarver EJ, Sanders DR. Astigmatic power calculations for intraocular lenses in the phakic and aphakic eye. J Refract Surg. 2004 Sep-Oct;20(5):472-7.

<sup>4</sup> Langenbucher A, Haigis W, Seitz B. Difficult lens power calculations. Curr Opin Ophthalmol. 2004 Feb;15(1):1-9. Review.

<sup>5</sup> Langenbucher A, Seitz B. Computerized calculation scheme for bitoric eikonic intraocular lenses. Ophthalmic Physiol Opt. 2003 May;23(3):213-20.

<sup>6</sup> Novis C. Astigmatism and the toric intraocular lens and other vertex distance effects. *Surv Ophthalmol.* 1997 Nov-Dec;42(3):268-70.

<sup>7</sup> MacKenzie GE, Harris WF. Determining the power of a thin toric intraocular lens in an astigmatic eye. *Optom Vis Sci.* 2002 Oct;79(10):667-71.

<sup>8</sup> Fam HB, Lim KL. Meridional analysis for calculating the expected spherocylindrical refraction in eyes with toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg.* 2007 Dec;33(12):2072-6.

<sup>9</sup> Ligabue EA, Giordano C. Interpretation of aberrometry measurements in cataract surgery. *J Refract Surg.* 2007 Nov;23(9 Suppl):S996-1004.

<sup>10</sup> Sanders DR, Sarver EJ. Standardized analyses of correction of astigmatism with the visian toric phakic implantable collamer lens. *J Refract Surg.* 2007 Sep;23(7):649-60.

<sup>11</sup> Langenbucher A, Szentmáry N, Seitz B. Calculating the power of toric phakic intraocular lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2007 Jul;27(4):373-80.

<sup>12</sup> Langenbucher A, Viestenz A, Seitz B, Brünner H. Computerized calculation scheme for retinal image size after implantation of toric intraocular lenses. *Acta Ophthalmol Scand.* 2007 Feb;85(1):92-8.

<sup>13</sup> Werner L, Olson RJ, Mamalis N. New technology IOL optics. *Ophthalmol Clin North Am.* 2006 Dec;19(4):469-83. Review.

<sup>14</sup> Kersey JP, O'Donnell A, Illingworth CD. Cataract surgery with toric intraocular lenses can optimize uncorrected postoperative visual acuity in patients with marked corneal astigmatism. *Cornea.* 2007 Feb;26(2):133-5.

<sup>15</sup> Amesbury EC, Miller KM. Correction of astigmatism at the time of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2009 Jan;20(1):19-24. Review.

<sup>16</sup> Nichamin LD. Treating astigmatism at the time of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2003 Feb;14(1):35-8. Review.

<sup>17</sup> Gills JP. Treating astigmatism at the time of cataract surgery. Curr Opin Ophthalmol. 2002 Feb;13(1):2-6. Review.

<sup>18</sup> Kohnen T, Koch DD. Methods to control astigmatism in cataract surgery. Curr Opin Ophthalmol. 1996 Feb;7(1):75-80. Review.

<sup>19</sup> Gills J, Van der Karr M, Cherchio M. Combined toric intraocular lens implantation and relaxing incisions to reduce high preexisting astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2002 Sep;28(9):1585-8.

<sup>20</sup> Tehrani M, Dick HB. Incisional keratotomy to toric intraocular lenses: an overview of the correction of astigmatism in cataract and refractive surgery. Int Ophthalmol Clin. 2003 Summer;43(3):43-52. Review.

<sup>21</sup> Choi DM, Thompson RW Jr, Price FW Jr. Incisional refractive surgery. Curr Opin Ophthalmol. 2002 Aug;13(4):237-41. Review.

<sup>22</sup> Cristóbal JÁ. Incisiones corneales relajantes asociadas. En: Fernández-Vega L. Facoemulsificación y emetropía. 2001 Monografía SECOIR. 89-104.

<sup>23</sup> Cristóbal JÁ. Incisiones y astigmatismo en la facoemulsificación. En: Fernández-Vega L. Facoemulsificación y emetropía. 2001 Monografía SECOIR. 69-86.

<sup>24</sup> Poll JT, Wang L, Koch DD, Weikert MP. Correction of astigmatism during cataract surgery: toric intraocular lens compared to peripheral corneal relaxing incisions. J Refract Surg. 2011 Mar;27(3):165-71

<sup>25</sup> Cristóbal JÁ, Mínguez E. Taille de l'incision et astigmatisme induit dans la chirurgie de la cataracte. J Fr Ophthalmol 1993; 16: 311-314

<sup>26</sup> Gills JP, Gayton JL. Reducing pre-existing astigmatism. En Gills JP, Fenzl R, Martin RG y cols. Cataract surgery, the state of the art. Thorefare: Slack, 1998:53-66

<sup>27</sup> Sanders DR, Schneider D, Martin R, Brown D, Dulaney D, Vukich J, Slade S, Schallhorn S. Toric Implantable Collamer Lens for moderate to high myopic astigmatism. Ophthalmology. 2007 Jan;114(1):54-61.

<sup>28</sup> Sun XY, Vicary D, Montgomery P, Griffiths M. Toric intraocular lenses for correcting astigmatism in 130 eyes. Ophthalmology. 2000 Sep;107(9):1776-81; discussion 1781-2.

<sup>29</sup> Kershner RM. Toric intraocular lenses for correcting astigmatism in 130 eyes. Ophthalmology. 2000 Sep;107(9):1781-2.

<sup>30</sup> Till JS, Yoder PR Jr, Wilcox TK, Spielman JL. Toric intraocular lens implantation: 100 consecutive cases. J Cataract Refract Surg. 2002 Feb;28(2):295-301.

<sup>31</sup> Novis C. Astigmatism and toric intraocular lenses. Curr Opin Ophthalmol. 2000 Feb;11(1):47-50. Review.

<sup>32</sup> Apel A, Stephensen D. Surgical management of acute angle-closure glaucoma after toric ICL implantation. J Cataract Refract Surg. 2007 Oct;33(10):1672; author reply 1672.

<sup>33</sup> Shipper I. Surgical management of acute angle-closure glaucoma after implantation of a toric ICL. J Cataract Refract Surg. 2007 Apr;33(4):563-4.

<sup>34</sup> Alfonso JF, Baamonde B, Madrid-Costa D, Fernandes P, Jorge J, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lenses to correct high myopic astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2010 Aug;36(8):1349-57

<sup>35</sup> Bhikoo R, Rayner S, Gray T. Toric implantable collamer lens for patients with moderate to severe myopic astigmatism: 12-month follow-up. Clin Experiment Ophthalmol. 2010 Jul;38(5):467-74

<sup>36</sup> Alfonso JF, Fernández-Vega L, Fernandes P, González-Méijome JM, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lens for myopic astigmatism: one-year follow-up. J Cataract Refract Surg. 2010 Apr;36(4):568-76

<sup>37</sup> Alió JL, Agdeppa MC, Pongo VC, El Kady B. Microincision cataract surgery with toric intraocular lens implantation for correcting moderate and high astigmatism: pilot study. J Cataract Refract Surg. 2010 Jan;36(1):44-52.



<sup>38</sup> Correia RJ, Moreira H, Netto SU, Pantaleão GR. Visual performance after toric IOL implantation in patients with corneal astigmatism. *Arq Bras Oftalmol*. 2009 Sep-Oct;72(5):636-40.

<sup>39</sup> Hill W, Potvin R. Monte Carlo simulation of expected outcomes with the AcrySof toric intraocular lens. *BMC Ophthalmol*. 2008 Oct 27;8:22.

<sup>40</sup> Ruíz-Mesa R, Carrasco-Sánchez D, Díaz-Alvarez SB, Ruíz-Mateos MA, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Refractive lens exchange with foldable toric intraocular lens. *Am J Ophthalmol*. 2009 Jun;147(6):990-6, 996.e1. Epub 2009 Mar 14.

<sup>41</sup> Langenbacher A, Viestenz A, Szentmáry N, Behrens-Baumann W, Viestenz A. [Determination of toric intraocular lenses]. *Ophthalmologe*. 2008 Jul;105(7):685-92.

<sup>42</sup> Langenbacher A, Viestenz A, Szentmáry N, Seitz B, Viestenz A. [Calculation of pseudophakic and phakic toric lenses for correction of

corneal astigmatism--theory and clinical aspects]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2008 Jun;225(6):541-7.

<sup>43</sup> Olaru G, Gavriş M, Horge I, Marian N, Popa D, Levai L, Ghindea C, Bran L. [Toric intraocular lens implantation in cataract patients--6 months results]. *Oftalmologia*. 2008;52(4):100-4.

<sup>44</sup> Dick HB, Krummenauer F, Tröber L. [Compensation of corneal astigmatism with toric intraocular lens: results of a multicentre study]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2006 Jul;223(7):593-608.

<sup>45</sup> Ruhswurm I, Scholz U, Zehetmayer M, Hanselmayer G, Vass C, Skorpik C. Astigmatism correction with a foldable toric intraocular lens in cataract patients. *J Cataract Refract Surg*. 2000 Jul;26(7):1022-7.

<sup>46</sup> Kohnen T, Kook D, Morral M, Güell JL. Phakic intraocular lenses: part 2: results and complications. *J Cataract Refract Surg*. 2010 Dec;36(12):2168-94. Review

<sup>47</sup> Kamiya K, Shimizu K, Aizawa D, Igarashi A, Komatsu M, Nakamura A. One-year follow-up of posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for moderate to high myopic astigmatism. *Ophthalmology*. 2010 Dec;117(12):2287-94. Epub 2010 Jul 3

<sup>48</sup> Kamiya K, Shimizu K, Ando W, Asato Y, Fujisawa T. Phakic toric Implantable Collamer Lens implantation for the correction of high myopic astigmatism in eyes with keratoconus. *J Refract Surg*. 2008 Oct;24(8):840-2.

<sup>49</sup> Elies D, Alonso T, Puig J, Gris O, Güell JL, Coret A. Visian toric implantable collamer lens for correction of compound myopic astigmatism. *J Refract Surg*. 2010 Apr;26(4):251-8.

<sup>50</sup> Huang D, Schallhorn SC, Sugar A, Farjo AA, Majmudar PA, Trattler WB, Tanzer DJ. Phakic intraocular lens implantation for the correction of myopia: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2009 Nov;116(11):2244-58. Review.

<sup>51</sup> Chang J, Lau S. Toric Implantable Collamer Lens for high myopic astigmatic Asian eyes. Ophthalmology. 2009 Dec;116(12):2340-7. Epub 2009 Sep 10.

<sup>52</sup> Mertens EL, Sanders DR, Vitale PN. Custom-designed toric phakic intraocular lenses to correct high corneal astigmatism. J Refract Surg. 2008 May;24(5):501-6.

<sup>53</sup> Bartels MC, Santana NT, Budo C, van Rij G, Mulder PG, Luyten GP. Toric phakic intraocular lens for the correction of hyperopia and astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2006 Feb;32(2):243-9.

<sup>54</sup> Kottler UB, Tehrani M, Dick HB. Impact of the line of sight on toric phakic intraocular lenses for hyperopia. J Cataract Refract Surg. 2004 Aug;30(8):1799-801.

<sup>55</sup> Dick HB, Alió J, Bianchetti M, Budo C, Christiaans BJ, El-Danasoury MA, Güell JL, Krumeich J, Landesz M, Loureiro F, Luyten GP, Marinho A, Rahhal MS, Schwenn O, Spirig R, Thomann U, Venter J. Toric phakic intraocular

lens: European multicenter study. Ophthalmology. 2003 Jan;110(1):150-62.

<sup>56</sup> Frohn A, Dick HB, Thiel HJ. Implantation of a toric poly(methyl methacrylate) intraocular lens to correct high astigmatism. J Cataract Refract Surg. 1999 Dec;25(12):1675-8.

<sup>57</sup> Sauder G. [Secondary toric intraocular lens implantation in pseudophakic eyes. The add-on IOL system]. Ophthalmologe. 2007 Dec;104(12):1041-5. Review.

<sup>58</sup> Qasem Q, Kirwan C, O'Keefe M. 5-year prospective follow-up of Artisan phakic intraocular lenses for the correction of myopia, hyperopia and astigmatism. Ophthalmologica. 2010;224(5):283-90.

<sup>59</sup> Güell JL, Morral M, Gris O, Gaytan J, Sisquella M, Manero F. Five-year follow-up of 399 phakic Artisan-Verisyse implantation for myopia, hyperopia, and/or astigmatism. Ophthalmology. 2008 Jun;115(6):1002-12. Epub 2007 Nov 5.

<sup>60</sup> Sakellaris D, Goossens C, Tassignon MJ. Customized iris clip anterior chamber intraocular lenses designed for iris reconstruction. Eur J Ophthalmol. 2009 Nov-Dec;19(6):1084-7.

<sup>61</sup> Venter J. Artisan phakic intraocular lens in patients with keratoconus. J Refract Surg. 2009 Sep;25(9):759-64. Epub 2009 Sep 11.

<sup>62</sup> Tahzib NG, Eggink FA, Odenthal MT, Nuijts RM. Artisan iris-fixated toric phakic and aphakic intraocular lens implantation for the correction of astigmatic refractive error after radial keratotomy. J Cataract Refract Surg. 2007 Mar;33(3):531-5.

<sup>63</sup> Tehrani M, Dick HB. Endothelial cell loss after toric iris-fixated phakic intraocular lens implantation: three-year follow-up. J Refract Surg. 2007 Feb;23(2):172-7.

<sup>64</sup> Bartels MC, Saxena R, van den Berg TJ, van Rij G, Mulder PG, Luyten GP. The influence of incision-induced astigmatism and axial lens position on the correction of myopic astigmatism with the Artisan toric phakic

intraocular lens. Ophthalmology. 2006 Jul;113(7):1110-7. Epub 2006 May 19.

<sup>65</sup> Alió JL, Mulet ME, Gutiérrez R, Galal A. Artisan toric phakic intraocular lens for correction of astigmatism. J Refract Surg. 2005 Jul-Aug;21(4):324-31.

<sup>66</sup> Tehrani M, Dick HB. Iris-fixated toric phakic intraocular lens: Three-year follow-up. J Cataract Refract Surg. 2006 Aug;32(8):1301-6.

<sup>67</sup> Dick HB, Aliyeva S, Tehrani M. Change in pupil size after implantation of an iris-fixated toric phakic intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2005 Feb;31(2):302-7.

<sup>68</sup> Budo C, Bartels MC, van Rij G. Implantation of Artisan toric phakic intraocular lenses for the correction of astigmatism and spherical errors in patients with keratoconus. J Refract Surg. 2005 May-Jun;21(3):218-22.

<sup>69</sup> Tahzib NG, Cheng YY, Nuijts RM. Three-year follow-up analysis of Artisan toric lens implantation for correction of postkeratoplasty ametropia in

phakic and pseudophakic eyes. *Ophthalmology*. 2006 Jun;113(6):976-84.

Epub 2006 Apr 27.

<sup>70</sup> Nuijts RM, Abhilakh Missier KA, Nabar VA, Japing WJ. Artisan toric lens implantation for correction of postkeratoplasty astigmatism. *Ophthalmology*. 2004 Jun;111(6):1086-94.

<sup>71</sup> Tehrani M, Dick HB, Schwenn O, Blom E, Schmidt AH, Koch HR. Postoperative astigmatism and rotational stability after artisan toric phakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*. 2003 Sep;29(9):1761-6.

<sup>72</sup> Güell JL, Vázquez M, Malecaze F, Manero F, Gris O, Velasco F, Hulin H, Pujol J. Artisan toric phakic intraocular lens for the correction of high astigmatism. *Am J Ophthalmol*. 2003 Sep;136(3):442-7.

<sup>73</sup> Dick HB, Tehrani M, Aliyeva S. Contrast sensitivity after implantation of toric iris-claw lenses in phakic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2004 Nov;30(11):2284-9.



<sup>74</sup> Alió JL, Galal A, Mulet ME. Surgical correction of high degrees of astigmatism with a phakic toric-iris claw intraocular lens. Int Ophthalmol Clin. 2003 Summer;43(3):171-81. Review.

<sup>75</sup> Gimbel HV, Ziemba SL. Management of myopic astigmatism with phakic intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg. 2002 May;28(5):883-6.

<sup>76</sup> Stewart CM, McAlister JC. Comparison of grafted and non-grafted patients with corneal astigmatism undergoing cataract extraction with a toric intraocular lens implant. Clin Experiment Ophthalmol. 2010 Nov;38(8):747-57.

<sup>77</sup> Del Buey MA, Cristóbal JA, Mínguez E. Astigmatismo postqueratoplastia. En: Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Ed. Mac Line. Madrid, 2006: 345-365.

<sup>78</sup> Akcay L, Kaplan AT, Kandemir B, Gunaydin NT, Dogan OK. Toric intraocular Collamer lens for high myopic astigmatism after penetrating keratoplasty. J Cataract Refract Surg. 2009 Dec;35(12):2161-3.

<sup>79</sup> Statham M, Apel A, Stephensen D. Correction of astigmatism after penetrating keratoplasty using the Acri.Comfort toric intraocular lens. Clin Exp Optom. 2010 Jan;93(1):42-4. Epub 2009 Nov 11.

<sup>80</sup> Viestenz A, Kühle M, Seitz B, Langenbucher A. [Toric intraocular lenses for correction of persistent corneal astigmatism after penetrating keratoplasty]. Ophthalmologe. 2005 Feb;102(2):148-52.

<sup>81</sup> Mohammadpour M. Toric IOL and postkeratoplasty astigmatism. Ophthalmology. 2007 Apr;114(4):825-6; author reply 826-7.

<sup>82</sup> McMullan TF, Goldsmith C, Illingworth CD. Toric posterior chamber (in-the-bag) intraocular lens implantation to correct postpenetrating keratoplasty astigmatism. Eye (Lond). 2007 Jan;21(1):150-2. Epub 2006 Sep 15.

<sup>83</sup> Tehrani M, Stoffelns B, Dick HB. Implantation of a custom intraocular lens with a 30-diopter torus for the correction of high astigmatism after penetrating keratoplasty. J Cataract Refract Surg. 2003 Dec;29(12):2444-7.

<sup>84</sup> Alfonso JF, Lisa C, Abdelhamid A, Montés-Micó R, Poo-López A, Ferrer-Blasco T. Posterior chamber phakic intraocular lenses after penetrating keratoplasty. J Cataract Refract Surg. 2009 Jul;35(7):1166-73.

<sup>85</sup> Tehrani M, Dick HB. [Implantation of an ARTISANtrade mark toric phakic intraocular lens to correct high astigmatism after penetrating keratoplasty]. Klin Monbl Augenheilkd. 2002 Mar;219(3):159-63. German.

<sup>86</sup> Tehrani M, Schwenn O, Dick HB. [Toric intraocular lens to correct high astigmatism after penetrating keratoplasty in a pseudophakic eye - a case report]. Klin Monbl Augenheilkd. 2001 Dec;218(12):795-9. German.

<sup>87</sup> Amm M, Halberstadt M. [Implantation of toric intraocular lenses for correction of high post-keratoplasty astigmatism]. Ophthalmologe. 2002

Jun;99(6):464-9. German.

<sup>88</sup> Alfonso JF, Fernández-Vega L, Lisa C, Fernandes P, González-Méijome JM, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lens in eyes with keratoconus. J Cataract Refract Surg. 2010 Jun;36(6):906-16.

<sup>89</sup> de Sanctis U, Eandi C, Grignolo F. Phacoemulsification and customized toric intraocular lens implantation in eyes with cataract and high astigmatism after penetrating keratoplasty. J Cataract Refract Surg. 2011 Apr;37(4):781-5.

<sup>90</sup> Sedaghat M, Ansari-Astaneh MR, Zarei-Ghanavati M, Davis SW, Sikder S. Artisan Iris-Supported Phakic IOL Implantation in Patients with Keratoconus: A Review of Sixteen Eyes. J Refract Surg. 2011 Feb 15:1-5.

<sup>91</sup> Espandar L, Meyer J. Keratoconus: overview and update on treatment. Middle East Afr J Ophthalmol. 2010 Jan;17(1):15-20

<sup>92</sup> Kamiya K, Shimizu K, Kobashi H, Komatsu M, Nakamura A, Nakamura T, Ichikawa K. Clinical outcomes of posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for the correction of high myopic astigmatism in eyes with keratoconus: 6-month follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2010 Oct 16.

<sup>93</sup> Navas A, Suárez R. One-year follow-up of toric intraocular lens implantation in forme fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2009 Nov;35(11):2024-7.

<sup>94</sup> Sauder G, Jonas JB. Treatment of keratoconus by toric foldable intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol*. 2003 Jul;13(6):577-9.

<sup>95</sup> Kamburoğlu G, Ertan A, Bahadır M. Implantation of Artisan toric phakic intraocular lens following Intacs in a patient with keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2007 Mar;33(3):528-30.

<sup>96</sup> Thebpatiphat N, Hammersmith KM, Rapuano CJ, Ayres BD, Cohen EJ. Cataract surgery in keratoconus. *Eye Contact Lens*. 2007 Sep;33(5):244-6.

<sup>97</sup> Luck J. Customized ultra-high-power toric intraocular lens implantation for pellucid marginal degeneration and cataract. J Cataract Refract Surg. 2010 Jul;36(7):1235-8

<sup>98</sup> Bartels MC, van Rij G, Luyten GP. Implantation of a toric phakic intraocular lens to correct high corneal astigmatism in a patient with bilateral marginal corneal degeneration. J Cataract Refract Surg. 2004 Feb;30(2):499-502.

<sup>99</sup> Kamiya K, Shimizu K, Hikita F, Komatsu M. Posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for high myopic astigmatism in eyes with pellucid marginal degeneration. J Cataract Refract Surg. 2010 Jan;36(1):164-6.

<sup>100</sup> Langenbucher A, Reese S, Huber S, Seitz B. Compensation of aniseikonia with toric intraocular lenses and spherocylindrical spectacles. Ophthalmic Physiol Opt. 2005 Jan;25(1):35-44.

<sup>101</sup> Nuijts RM, Missier KA, Nabar VA. Phakic toric intraocular lens implantation after flap decentration in laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2004 Jan;30(1):259-61.

<sup>102</sup> Borkenstein AF, Reuland A, Limberger IJ, Rabsilber TM, Auffarth GU.

Transscleral fixation of a toric intraocular lens to correct aphakic keratoplasty with high astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2009 May;35(5):934-8.

<sup>103</sup> Kojima T, Horai R, Hara S, Nakamura H, Nakamura T, Satoh Y, Ichikawa K. Correction of residual refractive error in pseudophakic eyes with the use of a secondary piggyback toric Implantable Collamer Lens. J Refract Surg. 2010 Oct;26(10):766-9

<sup>104</sup> Gills JP. Sutured piggyback toric intraocular lenses to correct high astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2003 Feb;29(2):402-4.

<sup>105</sup> Gills JP, Van der Karr MA. Correcting high astigmatism with piggyback toric intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg. 2002 Mar;28(3):547-9.

<sup>106</sup> Liekfeld A, Torun N, Friederici L. [A new toric diffractive multifocal lens for refractive surgery]. Ophthalmologe. 2010 Mar;107(3):256, 258-61.

<sup>107</sup> Pepose JS. Maximizing satisfaction with presbyopia-correcting intraocular lenses: the missing links. Am J Ophthalmol. 2008 Nov;146(5):641-8. Epub 2008 Sep 13.

<sup>108</sup> Horn JD. Status of toric intraocular lenses. Curr Opin Ophthalmol. 2007 Feb;18(1):58-61.

<sup>109</sup> Werblin TP. Multicomponent intraocular lens. J Refract Surg. 1996 Jan-Feb;12(1):187-9.

<sup>110</sup> Schwartz DM, Jethmalani JM, Sandstedt CA, Kornfield JA, Grubbs RH. Post implantation adjustable intraocular lenses. Ophthalmol Clin North Am. 2001 Jun;14(2):339-45, viii. Review.



<sup>111</sup> Chayet A, Sandstedt C, Chang S, Rhee P, Tsuchiyama B, Grubbs R, Schwartz D. Use of the light-adjustable lens to correct astigmatism after cataract surgery. Br J Ophthalmol. 2010 Jun;94(6):690-2.

<sup>112</sup> Forseto AS, Nosé RM, Nosé W. Toric Intraocular Lens Misalignment Inducing Astigmatism After Refractive Surgery. J Refract Surg. 2011 Feb 15:1-3.

<sup>113</sup> Jin H, Limberger IJ, Ehmer A, Guo H, Auffarth GU. Impact of axis misalignment of toric intraocular lenses on refractive outcomes after cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2010 Dec;36(12):2061-72.

<sup>114</sup> Hamdi IM. Visual and optical performance before and after rotation of a misaligned STAAR Toric Implantable Collamer Lens. J Refract Surg. 2009 Oct;25(10 Suppl):S934-8.

<sup>115</sup> Saldanha MJ, Benjamin L, Patel CK. Postoperative rotation of a 3-piece loop-haptic acrylic intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2009 Oct;35(10):1751-5.

<sup>116</sup> Zarranz-Ventura J, Moreno-Montañés J, Caire Y González-Jáuregui J, de Nova Fernández-Yáñez E, Sádaba-Echarri LM. [Acrysof(®) toric intraocular lens implantation in cataract surgery]. Arch Soc Esp Oftalmol. 2010 Aug;85(8):274-7. Epub 2010 Oct 30

<sup>117</sup> Wolffsohn JS, Buckhurst PJ. Objective analysis of toric intraocular lens rotation and centration. J Cataract Refract Surg. 2010 May;36(5):778-82.

<sup>118</sup> Gayton JL, Seabolt RA. Clinical outcomes of complex and uncomplicated cataractous eyes after lens replacement with the AcrySof toric IOL. J Refract Surg. 2011 Jan;27(1):56-62.

<sup>119</sup> Tsinopoulos IT, Tsaousis KT, Tsakpinis D, Ziakas NG, Dimitrakos SA. Acrylic toric intraocular lens implantation: a single center experience concerning clinical outcomes and postoperative rotation. Clin Ophthalmol. 2010 Mar 24;4:137-42.

<sup>120</sup> Ahmed II, Rocha G, Slomovic AR, Climenhaga H, Gohill J, Grégoire A, Ma J; Canadian Toric Study Group. Visual function and patient experience

after bilateral implantation of toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2010 Apr;36(4):609-16.

<sup>121</sup> Langenbucher A, Viestenz A, Seitz B. [Toric intraocular lenses for compensation of corneal astigmatism]. Klin Monbl Augenheilkd. 2004 Mar;221(3):182-90. German.

<sup>122</sup> Langenbucher A, Viestenz A, Szentmáry N, Viestenz A, Eppig T, Seitz B. [Correction of corneal astigmatism with toric lenses : Theory and clinical aspects]. Ophthalmologe. 2010 Feb;107(2):189-201.

<sup>123</sup> Bauer NJ, de Vries NE, Webers CA, Hendrikse F, Nuijts RM. Astigmatism management in cataract surgery with the AcrySof toric intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2008 Sep;34(9):1483-8.

<sup>124</sup> Mendicute J, Irigoyen C, Aramberri J, Ondarra A, Montés-Micó R. Foldable toric intraocular lens for astigmatism correction in cataract patients. J Cataract Refract Surg. 2008 Apr;34(4):601-7.

<sup>125</sup> Schallhorn S, Tanzer D, Sanders DR, Sanders M, Brown M, Kaupp SE. Night driving simulation in a randomized prospective comparison of Visian toric implantable collamer lens and conventional PRK for moderate to high myopic astigmatism. J Refract Surg. 2010 May;26(5):321-6.

<sup>126</sup> Schallhorn S, Tanzer D, Sanders DR, Sanders ML. Randomized prospective comparison of visian toric implantable collamer lens and conventional photorefractive keratectomy for moderate to high myopic astigmatism. J Refract Surg. 2007 Nov;23(9):853-67.

<sup>127</sup> Sanders DR, Sanders ML. Comparison of the toric implantable collamer lens and custom ablation LASIK for myopic astigmatism. J Refract Surg. 2008 Oct;24(8):773-8.

<sup>128</sup> Coskunseven E, Onder M, Kymionis GD, Diakonis VF, Arslan E, Tsiklis N, Bouzoukis DI, Pallikaris I. Combined Intacs and posterior chamber toric implantable Collamer lens implantation for keratoconic patients with extreme myopia. Am J Ophthalmol. 2007 Sep;144(3):387-389. Epub 2007 Jul 19.

<sup>129</sup> Statham M, Apel A, Stephensen D. Comparison of the AcrySof SA60 spherical intraocular lens and the AcrySof Toric SN60T3 intraocular lens outcomes in patients with low amounts of corneal astigmatism. Clin Experiment Ophthalmol. 2009 Nov;37(8):775-9.

<sup>130</sup> Lane SS, Ernest P, Miller KM, Hileman KS, Harris B, Waycaster CR. Comparison of clinical and patient-reported outcomes with bilateral AcrySof toric or spherical control intraocular lenses. J Refract Surg. 2009 Oct;25(10):899-901. Epub 2009 Oct 12.

<sup>131</sup> Faus F, Cristóbal JÁ, Mateo A. Métodos de análisis. En Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Ed. Mac Line. Madrid, 2006: 87-93.

<sup>132</sup> Alpíns N. New method of targeting vectors to treat astigmatism. J Cataract Refract Surg. 1997; 23: 65-75.

<sup>133</sup> Alpíns N. Vector análisis of astigmatism changes by flattening, steepening and torque. 1997; 23: 1503-1514.

<sup>134</sup> Thibos LN, Horner D. Power vector análisis of the optical outcome of refractive surgery. J Cataract Refract Surg 2001; 27:80-85.

<sup>135</sup> Mingo-Botín D, Muñoz-Negrete FJ, Won Kim HR, Morcillo-Laiz R, Rebolleda G, Oblanca N. Comparison of toric intraocular lenses and peripheral corneal relaxing incisions to treat astigmatism during cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2010 Oct;36(10):1700-8.

<sup>136</sup> Titiyal JS, Agarwal T, Jhanji V. Toric intraocular lens versus opposite clear corneal incisions to correct astigmatism in eyes having cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2009 Oct;35(10):1834-5.

<sup>137</sup> Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Davies LN, Naroo SA. Surgical correction of astigmatism during cataract surgery. Clin Exp Optom 2010;93:6:409-418.

<sup>138</sup> Pineda R, Denevich S, Lee WC, Waycaster C, Pashos CL. Economic evaluation of toric intraocular lens: a short- and long-term decision analytic model. Arch Ophthalmol. 2010 Jul;128(7):834-40.

<sup>139</sup> Laurendeau C, Lafuma A, Berdeaux G. Modelling lifetime cost consequences of toric compared with standard IOLs in cataract surgery of astigmatic patients in four European countries. J Med Econ. 2009 Sep;12(3):230-7.

<sup>140</sup> Sadler, Langman. Embriología Clínica. Ed. Panamericana. 2007.

<sup>141</sup> Belmonte J. Historia del astigmatismo. En Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Ed. Mac Line. Madrid, 2006: 17-32.

<sup>142</sup> Cristóbal JA, Mateo A, Faus F. Bases del astigmatismo. En Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Ed. Mac Line. Madrid, 2006: 33-40.

<sup>143</sup> Mazzocco TR. Early clinical experience with elastic lens implants. Trans Ophthalmol Soc U K. 1985;104 ( Pt 5):578-9.

<sup>144</sup> Cook CS, Peiffer RL Jr, Mazzocco TR. Clinical and pathologic evaluation of a flexible silicone posterior chamber lens design in a rabbit model. J Cataract Refract Surg. 1986 Mar;12(2):130-4.

<sup>145</sup> Lorente R, Moreno C. Lentes tóricas. En Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Ed. Mac Line. Madrid, 2006: 277-284.

<sup>146</sup> Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. J Cataract Refract Surg. 1994 Sep;20(5):523-6.

<sup>147</sup> Grabow HB. Toric IOL report. Ann Ophthalmol 1997, 29:161-163.

<sup>148</sup> Chang DF. Early rotational stability of the longer Staar toric intraocular lens: fifty consecutive cases. J Cataract Refract Surg. 2003 May;29(5):935-40.



<sup>149</sup> Castanera de Molina J, Serra Castanera A; Izquierdo Kinder M.

Valoración de la eficacia de las lentes intraoculares tóricas en la corrección del astigmatismo corneal. Microcirugía Ocular Numero 2. Junio 1998.

<sup>150</sup> De Silva DJ, Ramkissoon YD, Bloom PA. Evaluation of a toric intraocular lens with a Z-haptic. J Cataract Refract Surg. 2006 Sep;32(9):1492-8.

<sup>151</sup> Thibos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. Optom Vis Sci. 1997 Jun;74(6):367-75.

<sup>152</sup> Thibos LN, Horner D. Power vector análisis of the optical outcome of refractive surgery. J Cataract Refract Surg 2001;27:80-85.

<sup>153</sup> Xu L, Zheng DY, Luo LX, Lin Y, Liu YZ. [Comparison of clear corneal on-axis and temporal incisions for Acrysof Toric intraocular lens implantation]. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2010 Mar;46(3):243-8

<sup>154</sup> Hill W. Expected effects of surgically induced astigmatism on AcrySof toric intraocular lens results. J Cataract Refract Surg. 2008 Mar;34(3):364-7.

<sup>155</sup> Chang DF. Repositioning technique and rate for toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2009 Jul;35(7):1315-6.

<sup>156</sup> Einighammer J, Olstrup T, Feudner E, Bende T, Jean B. Customized aspheric intraocular lenses calculated with real ray tracing. J Cataract Refract Surg. 2009 Nov;35(11):1984-94.

<sup>157</sup> Mukherjee AN, So C, Kumar V. Clinical and experimental validation of a slit lamp modification to measure toric lens position. Cont Lens Anterior Eye. 2011 Feb 17

<sup>158</sup> Cha D, Kang SY, Kim SH, Song JS, Kim HM. New Axis-Marking Method for a Toric Intraocular Lens: Mapping Method. J Refract Surg. 2010 Oct 15:1-5

<sup>159</sup> Tseng SS, Ma JJ. Calculating the optimal rotation of a misaligned toric intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2008 Oct;34(10):1767-72.

<sup>160</sup> Langenbucher A, Viestenz A, Szentmáry N, Behrens-Baumann W, Viestenz A. Toric intraocular lenses--theory, matrix calculations, and clinical practice. J Refract Surg. 2009 Jul;25(7):611-22. Review.

<sup>161</sup> Langenbucher A, Reese S, Sauer T, Seitz B. Matrix-based calculation scheme for toric intraocular lenses. Ophthalmic Physiol Opt. 2004 Nov;24(6):511-9.

<sup>162</sup> Sánchez A, Brito C, Pueyo M, Sánchez MC, Honrubia FM. Análisis vectorial computarizado en coordenadas rectangulares y polares: método de cálculo de diferencias entre mediciones astigmáticas. St. Ophthalmol 1994; 13; 2: 119-121

<sup>163</sup> Alfonso JF, Fernández-Vega L, Fernandes P, González-Méijome JM, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lens for myopic astigmatism. J Carataract Refract Surg 2010; 36:568-576

<sup>164</sup> Alfonso JF, Baamonde B, Madrid-Costa D, Fernandes P , Jorge J, Montés-Micó R. Collagen copolymer toric posterior chamber phakic intraocular lenses to correct high myopic astigmatism. J Cataract Refract Surg 2010; 36:1349-1357.

<sup>165</sup> Holland E, Lane S, Horn JD, Ernest P, Arleo R, Miller KM. The acrysof toric Intraocular Lens in subjects with cataracts and corneal astigmatism. Ophthalmology 2010;117:2104-2111.

<sup>166</sup> Mingo-Botín D, Muñoz-Negrete FJ, Won Kim HR, Morcillo-Laiz R, Rebolleda G, Oblanca N. Comparison of toric intraocular lenses and peripheral corneal relaxing incisions to treat astigmatism during cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2010 Oct;36(10):1700-8.

<sup>167</sup> Dardzhikova A, Shah CR, Gimbel HV. Early experience with the Acrysof toric IOL for the correction of astigmatism in cataract surgery. Can J Ophthalmol 2009;44:269-73.

<sup>168</sup> Mendicute J, Irigoyen C, Ruiz M, Illarramendi I, Ferrer-Blasco T, Montés-Micó R. Toric intraocular lens versus opposite clear corneal incisions to correct astigmatism in eyes having cataract surgery. *Cataract Refract Surg.* 2009 Mar;35(3):451-8.

<sup>169</sup> Ernest P, Potvin R. Effects of preoperative corneal astigmatism orientation on results with a low-cylinder-power toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Apr;37(4):727-32. Epub 2011 Feb 18

<sup>170</sup> Kim MH, Chung TY, Chung ES. Long-term efficacy and rotational stability of AcrySof toric intraocular lens implantation in cataract surgery. *Korean J Ophthalmol.* 2010 Aug;24(4):207-12. Epub 2010 Aug 3

<sup>171</sup> Entabi M, Harman F, Lee N, Bloom PA. Injectable 1-piece hydrophilic acrylic toric intraocular lens for cataract surgery: efficacy and stability. *J Cataract Refract Surg.* 2011 Feb;37(2):235-40.

<sup>172</sup> Cristóbal JÁ, Mateo A, del Buey MA, Palomino C. LIO tórica T-flex. En Cristóbal JA. Corrección del astigmatismo. Ed. Mac Line. Madrid, 2006:295-300.

<sup>173</sup> Haigis W. IOL calculation using paraxial matrix optics. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009 Jul;29(4):458-63.

<sup>174</sup> Osher RH. Iris fingerprinting: new method for improving accuracy in toric lens orientation. *J Cataract Refract Surg.* 2010 Feb;36(2):351-2.

<sup>175</sup> Viestenz A, Langenbacher A, Seitz B, Viestenz A. [Impact of the eye's cyclorotation on axial orientation analysis of toric intraocular lenses: recommendations for an optimized evaluation of rotational stability of toric IOLs]. *Klin Monbl Augenheilkd.* 2006 Feb;223(2):134-40.

<sup>176</sup> Graether JM. Simplified system of marking the cornea for a toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg.* 2009 Sep;35(9):1498-500.

<sup>177</sup> Ma JJ, Tseng SS. Simple method for accurate alignment in toric phakic and aphakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg.* 2008 Oct;34(10):1631-6.

<sup>178</sup> Weinand F, Jung A, Stein A, Pfützner A, Becker R, Pavlovic S. Rotational stability of a single-piece hydrophobic acrylic intraocular lens: new

method for high-precision rotation control. J Cataract Refract Surg. 2007 May;33(5):800-3.

<sup>179</sup> Tseng SS, MA JJ. Calculating the optimal rotation of a misaligned toric intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2008 Oct;34(10):1767-72.

<sup>180</sup> Carey PJ, Leccisotti A, McGilligan VE, Goodall EA, Moore CB. Assessment of toric intraocular lens alignment by a refractive power/corneal analyzer system and slitlamp observation. J Cataract Refract Surg. 2010 Feb;36(2):222-9.

<sup>181</sup> Gualdi L, Cappello V, Giordano C. The use of NIDEK OPD Scan II wavefront aberrometry in toric intraocular lens implantation. J Refract Surg. 2009 Jan;25(1 Suppl):S110-5.

<sup>182</sup> Ligabue EA, Giordano C. Assessing visual quality with the point spread function using the NIDEK OPD-Scan II. J Refract Surg. 2009 Jan;25(1 Suppl):S104-9.

<sup>183</sup> Shah GD, Praveen MR, Vasavada AR, Rampal NV, Vasavada VA, Asnani PK, Pandita D. Software-based assessment of postoperative rotation of toric intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2009 Mar;35(3):413-8.

<sup>184</sup> Becker KA, Auffarth GU, Völcker HE. [Measurement method for the determination of rotation and decentration of intraocular lenses]. Ophthalmologe. 2004 Jun;101(6):600-3.

<sup>185</sup> Viestenz A, Seitz B, Langenbucher A. [Bifocal photography using the HRA -- an optimized method to evaluate tIOL's axial orientation]. Klin Monbl Augenheilkd. 2004 Sep;221(9):788-90.

<sup>186</sup> Langenbucher A, Seitz B. Computerized calculation scheme for toric intraocular lenses. Acta Ophthalmol Scand. 2004 Jun;82(3 Pt 1):270-6.

<sup>187</sup> Viestenz A, Seitz B, Langenbucher A. Evaluating the eye's rotational stability during standard photography: effect on determining the axial



orientation of toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2005 Mar;31(3):557-61.

<sup>188</sup> Pereira FA, Milverton EJ, Coroneo MT. Miyake-Apple study of the rotational stability of the Acrysof Toric intraocular lens after experimental eye trauma. Eye (Lond). 2010 Feb;24(2):376-8. Epub 2009 Jun 26.

<sup>189</sup> Koshy JJ, Nishi Y, Hirnschall N, Crnej A, Gangwani V, Maurino V, Findl O. Rotational stability of a single-piece toric acrylic intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2010 Oct;36(10):1665-70.

<sup>190</sup> Kwartz J, Edwards K. Evaluation of the long-term rotational stability of single-piece, acrylic intraocular lenses. Br J Ophthalmol. 2010 Aug;94(8):1003-6.

<sup>191</sup> Rozema JJ, Gobin L, Verbruggen K, Tassignon MJ. Changes in rotation after implantation of a bag-in-the-lens intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2009 Aug;35(8):1385-8.

<sup>192</sup> Nguyen TM, Miller KM. Digital overlay technique for documenting toric intraocular lens axis orientation. J Cataract Refract Surg. 2000 Oct;26(10):1496-504.

<sup>193</sup> Hashem AN, El Danasoury AM, Anwar HM. Axis alignment and rotational stability after implantation of the toric implantable collamer lens for myopic astigmatism. J Refract Surg. 2009 Oct;25(10 Suppl):S939-43.

<sup>194</sup> Leyland M, Zinicola E, Bloom P, Lee N. Prospective evaluation of a plate haptic toric intraocular lens. Eye (Lond). 2001 Apr;15(Pt 2):202-5.

<sup>195</sup> Chang DF. Comparative rotational stability of single-piece open-loop acrylic and plate-haptic silicone toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2008 Nov;34(11):1842-7.

<sup>196</sup> Park SC, Kwun YK, Chung ES, Ahn K, Chung TY. Postoperative astigmatism and axis stability after implantation of the STAAR Toric Implantable Collamer Lens. J Refract Surg. 2009 May;25(5):403-9.

<sup>197</sup> Jampaulo M, Olson MD, Miller KM. Long-term Staar toric intraocular lens rotational stability. Am J Ophthalmol. 2008 Oct;146(4):550-553. Epub 2008 Jul 26.

<sup>198</sup> Werblin TP. Do three-piece PMMA IOLs rotate after implantation in the capsular bag? J Refract Surg. 1995 Nov-Dec;11(6):468-71.

<sup>199</sup> Zuberbuhler B, Signer T, Gale R, Haefliger E. Rotational stability of the AcrySof SA60TT toric intraocular lenses: a cohort study. BMC Ophthalmol. 2008 May 6;8:8.

<sup>200</sup> Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Naroo SA, Davies LN. Rotational and centration stability of an aspheric intraocular lens with a simulated toric design. J Cataract Refract Surg. 2010 Sep;36(9):1523-8.

<sup>201</sup> Prinz A, Neumayer T, Buehl W, Vock L, Menapace R, Findl O, Georgopoulos M. Rotational stability and posterior capsule opacification of a plate-haptic and an open-loop-haptic intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2011 Feb;37(2):251-7.

<sup>202</sup> Jin H, Limberger IJ, Borkenstein AF, Ehmer A, Guo H, Auffarth GU.

Pseudophakic eye with obliquely crossed piggyback toric intraocular lenses. J Cataract Refract Surg. 2010 Mar;36(3):497-502.

<sup>203</sup> Wolffson JS, Buckhust PJ. Objective analysis of toric intraocular lens

rotation and centration. J Carataract Refract Surg 2010; 36:778-782.

<sup>204</sup> Werblin TP. Do three-piece PMMA IOLs rotate after implantation in the

capsular bag? J Carataract Refract Surg 1995; 11:468-471.

<sup>205</sup> Mendicute J, Irigoyen C, Ruiz M, Illarramendi I, Ferrer-Blasco T, Montés-

Micó R. Toric intraocular lens versus opposite clear corneal incisions to correct astigmatism in eyes having cataract surgery. J Cataract Refract Surg. 2009 Mar;35(3):451-8.

<sup>206</sup> Saldanha MJ, Benjamin L, Patel CK. Postoperative rotation of a 3-piece

loop-haptic acrylic intraocular lens. J Cataract Refract Surg. 2009 Oct;35(10):1751-5.

<sup>207</sup> Patel CK, Ormonde S, Rosen PH, Bron AJ. Postoperative intraocular lens rotation: a randomized comparison of plate and loop haptic implants. Ophthalmology 1999;106:2190-5.